

PROYEK AKHIR

Topik Bahasan:

**Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Udara pada Lubang Pengiring (*Tail Gate*)
Penambangan Batubara THC-04 CV. Tahiti Coal, Sikalang, Kecamatan
Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program
Studi D-3 Teknik Pertambangan*



Oleh:

DIO FERDIAN OKSA

19080011/2019

Konsentrasi : Tambang Umum

Program Studi : D-III Teknik Pertambangan

Departemen : Teknik Pertambangan

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2023

**LEMBAR PERSETUJUAN
PROYEK AKHIR**

**Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Udara pada Lubang Pengiring (*Tail Gate*)
Penambangan Batubara THC-04 CV. Tahiti Coal, Sikalang, Kecamatan
Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat**

Disusun oleh:

Nama : Dio Ferdian Oksa
Nim : 19080011
Konsentrasi : Pertambangan Umum
Program Studi : D-3 Teknik Pertambangan

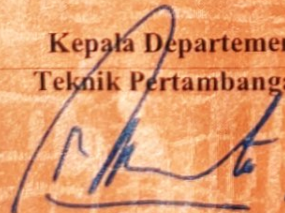
Diperiksa dan Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Bambang Herivadi, M.T.
NIP. 19641114 198903 1 002

Diketahui Oleh :

Kepala Departemen
Teknik Pertambangan



Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP. 19780912 200501 1 001

Ketua Program Studi
D-3 Teknik Pertambangan



Ir. Yoszi Mingsi Anaperta, S.T., M.T.
NIP. 19790304 200801 2 010

LEMBAR PENGESAHAN

**Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan di Depan Tim Penguji
Program Studi D-3 Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang**

Dengan Judul :

**Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Udara pada Lubang Pengiring (*Tail Gate*)
Penambangan Batubara THC-04 CV. Tahiti Coal, Sikalang, Kecamatan
Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat**

Oleh :

Nama : Dio Ferdian Oksa
NIM/BP : 19080011/2019
Program : D-3 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, November 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Pembimbing : Dr. Ir. Bambang Heriyadi, M.T. (.....)
2. Penguji 1 : Dr. Ir. Mulya Gusman, S.T., M.T. (.....)
3. Penguji 2 : Ir. Riko Maiyudi, S.T., M.T. (.....)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang 25131 Telepon (0751)7055644
Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dio Ferdian Okse
NIM/TM : 15080011 / 2019
Program Studi : D-3
Departemen : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

"Evaluasi kuantitas dan kualitas Udara pada Lubang Pengirisan (Tail Gate)
Pertambangan Batubara THC-04 CV. Tahiti Coal, Sikidang, Kecamatan Takai,
Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, ... November 2023

yang membuat pernyataan,

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan

Dr. Ir. Rudy Anarta, S.T., M.T.
NIP. 19780912 200501 1 001



Dio Ferdian Okse

BIODATA



I. Data Diri

Nama Lengkap : Dio Ferdian Oksa
NIM/BP : 19080011 / 2019
Tempat/Tanggal Lahir : Bakir, 01 Oktober 2000
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Nama Bapak : Irawadi
Nama Ibu : Elmawati
Jumlah Bersaudara : 4 Bersaudara
No.Hp : 085263086213
Alamat Tetap : Tebing Tinggi, Nagari Batang Betung,
Kecamatan Basa Ampek Balai Tapan,
Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi
Sumatera Barat

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SD Negeri 09 Bakir
Sekolah Menengah Pertama : SMP Negeri 1 Basa Ampek Balai Tapan
Sekolah Menengah Atas : SMA Negeri 1 Basa Ampek Balai Tapan
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Proyek Akhir

Tempat Praktek : CV. Tahiti Coal
Jadwal Praktek : 5 September sampai 7 September 2023
Topik Bahasan : Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Udara pada
Lubang Pengiring (*Tail Gate*) Penambangan
Batubara THC-04 CV. Tahiti Coal,
Sikalang, Kecamatan Talawi, Kota
Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat

RINGKASAN

Pada lokasi kuasa penambangan CV. Tahiti Coal menerapkan sistem penambangan bawah tanah dengan metode yang diterapkan adalah metode *room and pillars*. Untuk ventilasinya menggunakan sistem ventilasi mekanis, Pada kegiatan penambangan bawah tanah semakin dalam seseorang menggali untuk mencari sumber daya yang ada, maka akan semakin meningkat pula panas yang akan dihasilkan dan semakin berkurang pula udara segar yang masuk ke dalam. Pada kenyataannya kondisi udara pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 memiliki suhu yang panas, hal tersebut menyebabkan pekerja yang berada didalam lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 cepat berkeringat dan cepat lelah saat bekerja dan dalam beberapa kejadian pekerja yang berada dalam lubang mengalami sesak nafas saat bekerja.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dilubang pengiring (*tail gate*) didapatkan nilai kuantitas udara yang masuk pada FK C9 sebanyak 0,498 m³/detik, FK C11 sebanyak 0,472 m³/detik, FK C13 sebanyak 0,391 m³/detik, FK C14 sebanyak 0,373 m³/detik, FK C15 sebanyak 0,387 m³/detik dan kebutuhan udara tiap *front* kerja yaitu sebanyak 0,527 m³/detik. Konsentrasi kandungan gas H₂S : 0%, CO : 0%, O₂ : 20.2 % sampai dengan 20.9%, CH₄ : 0%. Temperatur udara antara 29°C sampai dengan 32°C (standar KepMen 18-27°C). Kelembapan udara antara 93% sampai dengan 99%. (Standar KepMen 85%). Sehingga didapatkan hasil evaluasi berdasarkan data keadaan aktual kuantitas dan kualitas udara menyatakan bahwa sistem ventilasi belum memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan yang ada dalam Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018.

Jadi untuk mengatasi kekurangan kuantitas udara maka di sarankan menambahkan satu unit mesin angin /*blower* utama dan satu unit mesin angin dicabang 9,11,13,14,15 otomatis pada setiap *front* kerja mendapat penambahan dua kali lipat kuantitas udara, Maka berdasarkan dengan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 dapat dinyatakan aman.

Kata Kunci : Room and Pillars, Ventilasi, Temperatur, Kelembapan Udara

ABSTRACT

At the mining power location. CV. Tahiti Coal implements an underground mining system with the method applied room and pillars. For ventilation, a mechanical ventilation system is used. In underground mining activities, the deeper a person digs to find existing resources, the more heat will be produced and the less fresh air will enter. In reality, the air condition in the companion hole (tail gate) THC-04 has a hot temperature, which causes workers who are in the accompanying hole (tail gate) THC-04 to sweat quickly and get tired quickly when working and in several incidents workers who were in the hole experienced shortness of breath while working.

Based on the results of the analysis that has been carried out in the companion hole (tail gate) The value of the quantity of air entering FK C9 was obtained as much as 0.498 m³/second, FK C11 is 0.472 m³/second, FK C13 is 0.391 m³/second, FK C14 is 0.373 m³/second, FK C15 is 0.387 m³/second and air requirements per front work is 0.527 m³/second. Concentration of H₂S : 0%, CO : 0%, O₂ : 20.2% to 20.9%, CH₄ : 0%. Air temperature is between 29°C to 32°C (Men's Decree standard 18-27°C). Air humidity is between 93% and 99%. (Men's Decree standard 85%). So that the evaluation results obtained based on data on the actual condition of air quantity and quality stated that the ventilation system did not meet the requirements in accordance with the provisions in the Minister of Energy and Mineral Resources Decree Number 1827 K/30/MEM/2018.

So to overcome the lack of air quantity, it is recommended to add one unit of wind machine /blower main and one wind machine unit in branches 9,11,13,14,15 automatically on each front work gets a double increase in air quantity, so in accordance with Minister of Energy and Mineral Resources Decree Number 1827 K/30/MEM/2018 escort hole (tail gate) THC-04 can be declared safe.

Keywords: *Room and Pillars, Ventilation, Temperature, Air Humidity*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkat dan Rahmat-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini dengan baik dan lancar. Pada Proyek Akhir ini penulis mengambil Topik Bahasan yang berjudul **“Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Udara pada Lubang Pengiring (*Tail Gate*) Penambangan Batubara THC-04 CV. Tahiti Coal, Sikalang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat”**.

Proyek ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada Program D3 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan Keluarga Besar yang telah memberikan cinta, kasih sayang dan dorongan baik moril maupun material yang selalu menjadi penyemangat hidup.
2. Bapak Dr. Ir. Bambang Heriyadi, M.T selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
3. Ibu Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Ir. Riko Maiyudi S.T, M.T selaku Pembimbing Akademik Departemen Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Zul Afriyon selaku Kepala Teknik Tambang CV. Tahiti Coal.
6. Bang M. Ardianto dan Leo Kurniawan, Selaku Pengawas CV. Tahiti Coal.
7. Bapak M. Toha selaku kepala lobang THC-04 CV. Tahiti Coal

8. Dosen, Staf pengajar dan Karyawan Departemen Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
9. Teman-teman Mahasiswa/Mahasiswi Universitas Negeri Padang, khususnya Mahasiswa/Mahasiswi dari Departemen Teknik Pertambangan angkatan 2019.

Semoga Allah SWT melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini. Penulis juga menyadari bahwa penulisan Proyek Akhir ini jauh dari kesempurnaan, karena itu penulis mengharapkan masukan, kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Proyek Akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Proyek Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Padang, Juli 2023

Dio Ferdian Oksa
NIM. 19080011/2019

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PROYEK AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
RINGKASAN	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Deskripsi Perusahaan	6

1. Sejarah Perusahaan.....	6
2. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	7
3. Keadaan Geologi	9
4. Kualitas Batubara	16
5. Metode Penambangan.....	17
B. Kajian Teoritis.....	18
1. Sistem Ventilasi Tambang	18
2. Jenis-Jenis <i>Fan</i> (Kipas Angin) dan <i>Duct</i>	23
3. Kuantitas Udara dalam Tambang Bawah Tanah.....	24
4. Kualitas Udara dalam Tambang Bawah Tanah.....	26
5. Fungsi Ventilasi Tambang	34
6. Prinsip Ventilasi Tambang.....	35
7. Ketentuan Hukum Ventilasi Tambang Bawah Tanah	36
8. Pengendalian Kuantitas dan Kualitas Udara.....	42
C. Penelitian Relevan.....	51
D. Kerangka Konseptual	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	55
A. Jenis Penelitian	55
B. Objek Penelitian	55
C. Tahapan Penelitian	56
D. Teknik Pengolahan Data.....	58
E. Diagram Alir Penelitian.....	60
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	61

A. Data Penelitian	61
B. Hasil Penelitian	65
C. Analisis Data.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN	83

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP)	7
Gambar 2. Peta Kesampaian Lokasi CV. Tahiti Coal.....	9
Gambar 3. Peta Geologi Regional CV. Tahiti Coal	11
Gambar 4. Kolom Stratigrafi Cekungan Ombilin	14
Gambar 5. Peta Hidrogeologi Regional CV. Tahiti Coal.....	16
Gambar 6. Sketsa Metode Penambangan <i>Room and Pillars</i>	18
Gambar 7. Aliran Ventilasi Alami	19
Gambar 8. <i>Blower</i>	22
Gambar 9. Diagram <i>Coward</i>	29
Gambar 10. Grafik Hubungan T_d dan T_w untuk Temperatur Efektif.....	33
Gambar 11. Kelembapan Relatif Udara	34
Gambar 12. Gas Detektor	43
Gambar 13. <i>Ques Temp 34</i>	44
Gambar 14. <i>Anemometer</i>	49
Gambar 15. Kerangka Konseptual	54
Gambar 16. Peta Layout THC-04 CV. Tahiti Coal.....	56
Gambar 17. Diagram Alir Penelitian.....	60
Gambar 18. <i>Blower</i>	63
Gambar 19. Peta <i>Layout</i> THC-04 CV. Tahiti Coal.....	64
Gambar 20. Sketsa Bentuk Dimensi Lubang.....	65
Gambar 21. Bentuk Dimensi Lubang.....	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan CV. Tahiti Coal.....	8
Tabel 2. Hasil Analisis Laporan Pengujian	17
Tabel 3. Kebutuhan Udara Pernafasan (<i>Respiratory Requirement</i>).....	25
Tabel 4. Pengaruh Penurunan Konsentrasi Oksigen	26
Tabel 5. Pengaruh Konsentrasi CO ₂	28
Tabel 6. Hasil Pengukuran Kandungan Gas	61
Tabel 7. Hasil Pengukuran temperature dan kelembapan Udara	61
Tabel 8. Hasil Pengukuran Kandungan Kecepatan Angin	62
Tabel 9. Hasil Pengukuran Dimensi Lubang	62
Tabel 10. Spesifikasi <i>Blower</i>	63
Tabel 11. Jumlah Pekerja	65
Tabel 12. Hasil Pengukuran Kandungan Gas	67
Tabel 13. Kuantitas Keseluruhan Lubang Pengiring THC-04.....	70
Tabel 14. Kecepatan Dan Kuantitas Udara Mesin Angin/ <i>Blower</i> Di Setiap <i>Front Kerja</i>	71
Tabel 15. Perbandingan Kuantitas Udara Dengan Kebutuhan Udara Tiap-Tiap <i>Front Kerja</i>	72
Tabel 16. Tekanan Udara Pada <i>Blower</i>	74
Tabel 17. Perbedaan Tekanan Udara Pada <i>Blower</i>	74
Tabel 18. Kuantitas Udara Setelah Penambahan <i>Blower</i>	78

LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Peta Wilayah Izin Usaha Pertambangan CV. Tahiti Coal	83
Lampiran 2. Peta Hidrogeologi Regional CV. Tahiti Coal	84
Lampiran 3. Peta <i>Layout</i> Lubang Pengiring (<i>Tail Gate</i>) THC-04	85
Lampiran 4. Dokumentasi Pengambilan Data Aktual Dilapangan.....	86
Lampiran 5. Data Hasil Pengukuran	88

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang (Undang-undang No. 4 Tahun 2009).

Salah satu perusahaan yang bergerak dalam sektor pertambangan yang ada di Indonesia adalah CV. Tahiti Coal. CV. Tahiti Coal merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan, lahan yang di kelola CV. Tahiti Coal dulunya merupakan tanah Ulayat Kolok, Sijantang. Dimana pada awal Tahun 2005 PT. Bukit Asam sebagai perusahaan yang terlebih dahulu melaksanakan kegiatan penambangan melakukan pelepasan lahan kepada pemerintah daerah Sawahlunto. CV. Tahiti Coal telah melakukan kegiatan penambangan batubara sejak Tahun 2005 setelah memperoleh kuasa pertambangan eksploitasi berdasarkan keputusan Walikota Sawahlunto Nomor 05.29 PERINDAGKOP Tahun 2005, tentang pemberian izin kuasa pertambangan.

Operasi produksi batubara berdasarkan keputusan Walikota Sawahlunto dengan Nomor 05.77.PERINDAGKOP Tahun 2010 dan dilanjutkan dengan perpanjangan Izin Usaha Pertambangan (IUP) operasi produksi dengan Nomor 05.90. PERINDAGKOP Tahun 2010, tanggal 21 Oktober 2010 seluas 53,80 Ha dengan masa berlaku selama 8 (delapan) Tahun. Secara administrasi

lokasi izin tersebut berada di Sangkar Puyuh, Desa Sikalang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Bahan galian yang ditambang oleh CV. Tahiti Coal terbagi dalam dua seam diantaranya seam A dan seam C, seam A dengan kalori 7.650 kkal/Kg sedangkan seam C dengan kalori 7.056 Kkal/Kg.

Untuk melakukan penambangan batubara, secara umum dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode Tambang Terbuka (Surface Mining) dan metode Tambang Bawah Tanah (Underground Mining). Tambang terbuka dilakukan apabila tanah penutup (Overburden) yang akan dikupas masih dianggap ekonomis untuk ditambang secara tambang terbuka. Sedangkan tambang bawah tanah dilakukan apabila tanah penutup yang akan dikupas tidak ekonomis lagi atau melebihi ambang batas stripping ratio.

Pada Tahun 2005 CV. Tahiti Coal memulai penambangan dengan metode penambangan tambang terbuka (*open pit*) dan penambangan *open pit* berakhir pada Tahun 2013 dikarenakan tidak ekonomisnya penambangan batubara (SR semakin tinggi).

Pada lokasi kuasa penambangan CV. Tahiti Coal dengan sistem penambangan bawah tanah dengan metode yang diterapkan adalah metode *room and pillars*. Untuk itu, sangat dibutuhkan sistem peranganin/ ventilasi untuk menunjang seluruh kegiatan yang terjadi di dalam lubang tambang.

Oleh Karena itu, penulis berencana Mengangkat Judul Tentang “Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Udara pada Lubang Pengiring (*tail gate*) Penambangan Batubara THC-04 CV. Tahiti Coal, Sikalang, Kecamatan

Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat”. untuk pembuatan proyek akhir, merupakan suatu kegiatan wajib bagi setiap mahasiswa yang akan menyelesaikan Program D-3 Teknik Pertambangan.

B. Identifikasi Masalah

1. Kegiatan penambangan bawah tanah pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 termasuk kedalam aktifitas kerja keras yang sangat memerlukan udara yang cukup untuk pernapasan, Kurangnya kebutuhan udara pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 dapat mengakibatkan pekerja mengalami sesak nafas yang berbahaya bagi kesehatan dan keselamatan pekerja.
2. Panasnya suhu pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 yang menyebabkan pekerja mudah lelah dan berkeringat yang dapat mengganggu kegiatan operasional Penambangan.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan dalam pelaksanaan penelitian. Hal ini dilakukan agar penelitian terstruktur dengan baik, pada penelitian ini penulis membatasi masalah pada:

1. Penelitian ini hanya di lakukan pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 CV. Tahiti Coal.
2. Menghitung biaya kelistrikan ventilasi pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 CV. Tahiti Coal.

3. Baku Mutu yang di gunakan penulis pada penelitian ini berdasarkan KEPMEN ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 dan Keputusan Dirjend Minerba No 185 Tahun 2019.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah uraian di atas maka untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka penulis merumuskan permasalahan diantaranya :

1. Bagaimana kuantitas udara lubang tambang bawah tanah?
2. Bagaimana Kualitas udara lubang tambang bawah tanah?
3. Bagaimana perbedaan tekanan udara yang dihasilkan mesin angin dengan tekanan udara pada ujung pipa saluran udara ?
4. Bagaimana mengetahui kemampuan mesin angin/*blower* dalam mencukupi kuantitas udara yang dibutuhkan di lubang tambang bawah tanah?
5. Berapakah biaya daya listrik ventilasi pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 CV. Tahiti Coal ?

E. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis dan mengevaluasi kuantitas udara di lubang tambang bawah tanah.
2. Menganalisis dan mengevaluasi kualitas udara di lubang tambang bawah tanah.
3. Menganalisis dan mengevaluasi perbedaan tekanan udara yang dihasilkan oleh mesin angin dengan tekanan udara pada ujung pipa saluran udara.

4. Menganalisis kemampuan jangkauan mesin angin dalam menyuplai udara di lubang tambang bawah tanah.
5. Menganalisis Perkiraan Biaya Listrik Ventilasi di lubang Tambang bawah tanah.

F. Manfaat Penelitian

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program diploma III dan memperoleh gelar Ahli Madya pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Menambah pengetahuan dan wawasan penulis tentang kegiatan penambangan bawah tanah khususnya ventilasi dilapangan agar dapat menjadi bekal bagi penulis untuk diaplikasikan di dunia kerja nantinya.
3. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk instansi/perusahaan agar kuantitas dan kualitas udara tambang bawah tanah diharapkan sesuai dengan aturan yang berlaku.
4. Menjadi bahan referensi bagi penulis, pembaca yang bersangkutan dalam melakukan penelitian lebih lanjut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Sejarah Perusahaan

CV. Tahiti Coal merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan, lahan yang di kelola CV. Tahiti Coal dulunya merupakan tanah Ulayat Kolok, Sijantang. Dimana pada awal Tahun 2005 PT. Bukit Asam sebagai perusahaan yang terlebih dahulu melaksanakan kegiatan penambangan melakukan pelepasan lahan kepada pemerintah daerah Sawahlunto. CV. Tahiti Coal telah melakukan kegiatan penambangan batubara sejak Tahun 2005 setelah memperoleh kuasa pertambangan eksploitasi berdasarkan keputusan Walikota Sawahlunto Nomor 05.29 PERINDAGKOP Tahun 2005, tentang pemberian izin kuasa pertambangan.

Operasi produksi batubara berdasarkan keputusan Walikota Sawahlunto dengan Nomor 05.77.PERINDAGKOP Tahun 2010 dan dilanjutkan dengan perpanjangan Izin Usaha Pertambangan (IUP) operasi produksi dengan Nomor 05.90. PERINDAGKOP Tahun 2010, tanggal 21 Oktober 2010 seluas 53,80 Ha dengan masa berlaku selama 8 (delapan) Tahun. Secara administrasi lokasi izin tersebut berada di Sangkar Puyuh, Desa Sikalang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Bahan galian yang ditambang oleh CV. Tahiti Coal terbagi dalam dua *seam* diantaranya seam A dan seam C, *seam* A dengan kalori 7.650 Kkal/Kg sedangkan *seam* C dengan kalori 7.056 Kkal/Kg.

Pada Tahun 2005 CV. Tahiti Coal memulai penambangan dengan metode penambangan tambang terbuka (*open pit*) dan penambangan *open pit* berakhir pada Tahun 2013 dikarenakan tidak ekonomisnya penambangan batubara (SR semakintinggi). Penambangan dilanjutkan dengan metode tambang bawah tanah dengan empat terowongan, yaitu terowongan THC-01, terowongan THC-02, THC-03 dan terowongan THC-04, terowongan yang masih aktif sekarang ini yaitu THC-03 dan THC-04. Berikut peta WIUP CV. Tahiti Coal dapat dilihat pada gambar 1.



(Sumber : CV. Tahiti Coal 2023)

Gambar 1. Peta Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP)

2. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara umum letak geografis wilayah penambangan CV. Tahiti Coal terletak pada koordinat 100°45'10" BT – 100°45'40" BT dan 00°37'20" LS - 00°37'50" LS. Sedangkan secara rinci IUP CV. Tahiti Coal mempunyai titik-titik koordinat seperti tercantum pada tabel 1 yaitu sebagai berikut:

Tabel. 1 Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan**CV. Tahiti Coal**

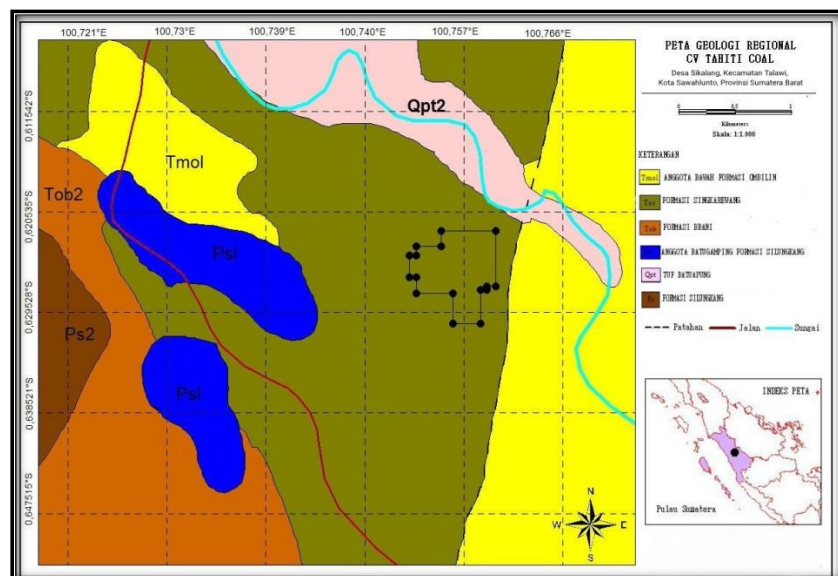
No.	Bujur Timur	Lintang (LU/LS)
1.	100° 45' 19,00'	0° 37' 35,00''
2.	100° 45' 19,00''	0° 37' 20,00''
3.	100° 45' 37,00''	0° 37' 20,00''
4.	100° 45' 37,00''	0° 37' 38,00''
5.	100° 45' 34,00''	0° 37' 38,00''
6.	100° 45' 34,00''	0° 37' 39,00''
7.	100° 45' 32,00''	0° 37' 39,00''
8.	100° 45' 32,00''	0° 37' 49,00''
9.	100° 45' 23,00''	0° 37' 49,00''
10.	100° 45' 23,00''	0° 37' 40,00''
11.	100° 45' 11,00''	0° 37' 40,00''
12.	100° 45' 11,00''	0° 37' 35,00''
13.	100° 45' 08,7''	0° 37' 35,00''
14.	100° 45' 08,7''	0° 37' 28,00''
15.	100° 45' 11,0''	0° 37' 28,00''
16.	100° 45' 11,0''	0° 37' 25,00''

(Sumber : CV. Tahiti Coal 2023)

cekungan ombilin dan mempunyai luas $\pm 800 \text{ km}^2$ yang berkembang sejak awal zaman tersier memanjang pada arah barat – tenggara, searah dengan struktur geologi yang banyak terdapat patahan (*fault*) dan lipatan (*fold*). Lokasi penambangan batubara CV. Tahiti Coal sekarang ini terletak dibagian barat cekungan ombilin dan terdapat pada formasi batuan yang dikenal dengan nama formasi sawah lunto. Secara umum lapisan tanah penutup batu bara terdiri dari batulempung (*claystone*), batupasir (*sandstone*), batulanau (*siltstone*). Formasi Sawahlunto ini terletak pada dua jalur yang terpisah yaitu jalur yang menjurus dari sawahlunto sampai sawah rasau dan dari tanah hitam terus ketimur dan kemudian kearah utara yang disebut perambahan. Secara umum, formasi penyusun yang ada disekitar lokasi CV. Tahiti Coal adalah sebagai berikut:

- 1) Formasi Batu apung (Qpt); formasi ini berada pada sisi utara berada antara formasi ombilin atas dan formasi ombilin bawah. Formasi batu apung tersusun atas batuan batu apung yang didalam terdapat kaca kelaran.
- 2) Formasi atas ombilin (Tmou); formasi ombilin atas terdiri atas batuan lempungan napal dengan sisipan batu pasir, konglongmerat mengandung kapur berfosil.
- 3) Formasi bawah ombilin (Tmol); formasi bawah ombilin secara umum terdiri atas batuan batu pasir kuarsa mengandung mika sisipan arkose, serpih lempungan, konglongmerat kuarsa.

- 4) Formasi sangkerawang (Tos); formasi sangkerawang secara umum batuanannya terdiri atas batuan serpih napalan, batupasir arkose dan breksi andesit.
- 5) Formasi brani (Tob); batuan pada formasi brani terdiri atas batuan konglongmerat dengan didipan batu pasir.
- 6) Formasi batu gamping silungkang (Psl); formasi ini umumnya merupakan formasi dengan batuan batu gamping mengandung sisipan tipis serpih, batu pasir dan tuf.
- 7) Formasi silungkang (Ps); formasi silungkang merupakan formasi yang berada sebagian besar di bagian selatan kota sawahlunto dengan susunan batuan berupa andesit hornblende, andesit augit, meta andesit, dengan sisipan tipis tuf, batu gamping serpih dan batu pasir, gamping pasiran, batu pasir gampingan dan serpih.



(Sumber : CV. Tahiti Coal 2023)

Gambar 3. Peta Geologi Regional CV. Tahiti Coal

b. Stratigrafi

Secara Regional stratigrafi daerah Sawahlunto dapat dibagi menjadi bagian utama, yaitu kompleks batuan Pra-Tertier dan kompak batuan Tertier.

1) Komplek batuan Pra-Tertier terdiri dari:

a) Formasi Silungkang

Nama formasi ini mula-mula diusulkan oleh Klompe, Katil dan Sekunder pada tahun 1958. Secara fotografi formasi ini masih dapat dibedakan menjadi empat batuan yaitu: batuan Lava Andesit, batuan Lava Basalt, batuan Tufa Andesit dan batuan Tufa Basalt. Umur dan formasi ini diperkirakan Perm sampai Trias.

b) Formasi Tuhur

Formasi ini dicirikan oleh lempung abu-abu kehitaman, berlapis baik, dengan sisipan-sisipan batu Pasir dan batu Gamping diperkirakan formasi ini berumur Trias.

2) Komplek Batuan Tertier Terdiri dari :

a) Formasi Sangkarewang

Nama formasi ini pertama kali di usulkan oleh Kastoyo dan Silitonga pada 1975. Formasi ini terutama terdiri dari serpih gampingan sampai napal berwarna coklat kehitaman, berlapis halus dan mengandung fosil ikan serta tumbuhan. Formasi ini

diperkirakan berumur Eosen-Oligosen

b) Formasi Sawahlunto

Nama formasi ini diusulkan oleh R.P Koesumadinata dan Th Matasak 1979. Formasi ini merupakan formasi yang paling penting karena mengandung lapisan batubara. Formasi ini dicirikan oleh batu lanau, batu lempung dan batubara yang berselingan satu sama lain. Diperkirakan formasi ini berumur Oligosen.

c) Formasi Sawah Tambang

Bagian bawah dari formasi ini dicirikan dari beberapa siklus endapan yang terdiri dari beberapa siklus endapan yang terdiri dari batu pasir konglomerat, batu lanau, batu lempung. Bagian atas pada umumnya di dominasi oleh batu pasir konglomerat tanpa adanya sisipan lempung atau batu lanau. Umur dari formasi ini diperkirakan lebih tua dari Miosen bawah.

d) Formasi Ombilin

Formasi ini terdiri dari lempung gamping yang berwarna abu-abu kehitaman, berlapis tipis dan mengandung fosil. Umur dari formasi ini diperkirakan Miosen bawah

e) Formasi Ranau

Satuan ini terdiri dari Tufa batu apung berwarna abu-abu kehitaman. Umur dari formasi ini diperkirakan Pleitosen

Umur	Satuan Stratigrafi	Lithologi
Kuarter	Formasi Rasau	Endapan Vulkanik, tuf batuapung
Miosen	Formasi Ombilin	Lempung gampingan, napal lepuangan mengandung globigerina, batupasir gampingan
	Anggota Sawah Rasau	Batupasir silang-siur, konglomerat
Oligosen	Formasi Sawah Tambang	Endapan sungai teranyam, batupasir
		Perselingan serpih karbonan, batulanau, batupasir, dengan sisipan-sisipan, konglomerat dan batubara 1. seam A, tebal 2. seam B, tebal 3. seam C, tebal
Eosen	Formasi Sawahlunto	
Paleosen	Formasi Sangkarewang	Endapan lakustrin, batulempung mengandung fosil ikan tawar, serpih napalan dan gampingan
	Formasi Brang	Sedimen kipas aluvial, batupasir konglomerat
Pra Tersier	Formasi Tuhur	Intrusi granitis batuan sedimen Triassik.
	Formasi Silungkang	Batuan vulkanik permian.
	Formasi Kuantan	Batugamping karbonan.

(Sumber : Koesoema dinata dan Matasak (1981))

Gambar 4. Kolom Stratigrafi Cekungan Ombilin

Dari eksplorasi terdahulu, pada saat penambangan telah diketahui, terdapat tiga lapisan (*seam*) batubara yang dapat di tambang (*mineable*) dengan metode tambang dalam. Lapisan tersebut adalah *seam* A dan *seam* C dengan kemiringan masing-masing $15^\circ - 30^\circ$. Berikut ini adalah penjelasan dari lapisan batubara *seam* A dan lapisan batubara *seam* C:

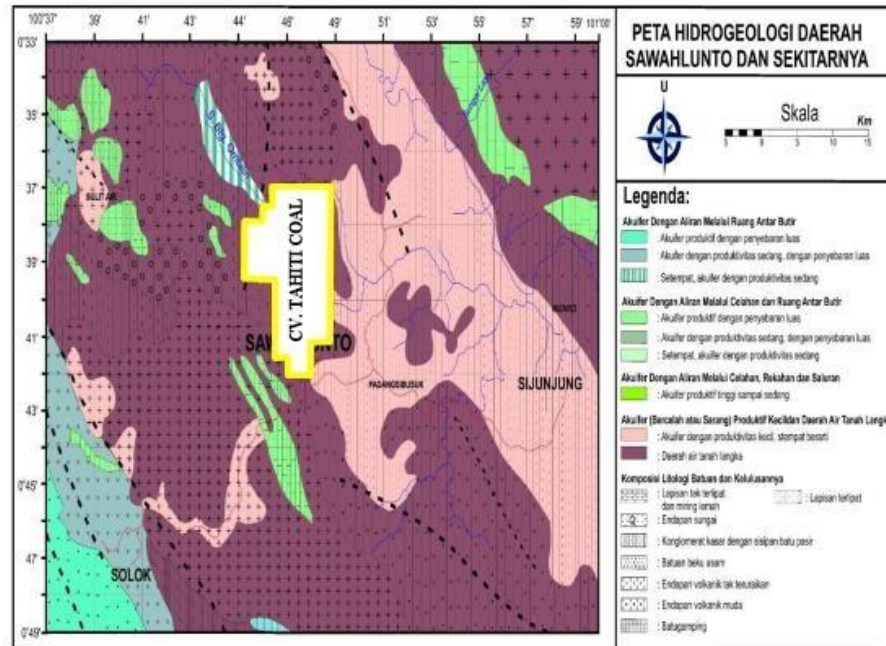
- 1) Lapisan Batubara A Lapisan batubara seam A merupakan lapisan batubara terbawah (di bawah *seam* C), lapisan batubara ini memiliki kemiringan relatif seragam antara $15^\circ - 30^\circ$ dan dalam desain digunakan kemiringan sebesar $6^\circ - 12^\circ$ dengan ketebalan rata-rata 2,4 m. Posisi lapisan *seam* A berada 4 –12 m di bawah lapisan *seam* C.

- 2) Lapisan Batubara C Lapisan batubara *seam* C yang akan di tambang dengan metode tambang dalam memiliki ketebalan rata-rata 1,9 m. Posisi lapisan tepat di atas *roof seam* C terdapat lempung dengan ketebalan 3–5 m.

c. Hidrogeologi Regional

Berdasarkan peta hidrogeologi yang didapatkan dari arsip perusahaan seperti yang terlihat pada gambar 5. Kondisi hidrogeologi daerah penelitian termasuk kedalam *akuifer* dengan produktifitas kecil dan air tanah langka. *Akuifer* ini terdapat pada zona pelapukan air tanah dangkal dalam jumlah terbatas masih dapat diperoleh. Komposisi litologi batuan dan kelulusannya terdiri dari:

- 1) Tufa asam berbatu apung, batu pasir, batu pasir tufaan dan batu pasir kuarsa. Sebagian mengandung sisipan lignit, arkose, serpih lempungan, konglomerat kuarsa dan lapisan batubara. Kelulusan rendah, setempat kelulusan sedang pada zona pelapukan.
- 2) Lapisan terlipat.
- 3) Serpih, batu lempung, batu gamping napalan, napal, serpih napalan, napal lempungan dan batu sabak. Sebagian mengandung sisipan lignit, batu pasir, tufa andesit, konglomerat, batu pasir tufaan, rijang, radiolarit, kuarsit dan batu lanau.
- 4) Batu lanau kelulusan rendah setempat, kelulusan sedang pada zona pelapukan.



(Sumber : CV. Tahiti Coal 2023)

Gambar 5. Peta Hidrogeologi Regional CV. Tahiti Coal

4. Kualitas Batubara

Menurut klasifikasi *American Society For Testing And Materials* (ASTM), batubara CV. Tahiti Coal termasuk ke dalam tingkat bituminus high volatil dengan nilai kalori 6.800–7.200 Kkal/kg. Hasil ini didapat dari analisa proximate (analisa komponen pembentuk batubara) dan analisa ultimate (analisa unsur-unsur kimia yang terkandung pada batubara) yang menunjukkan kadar belerang dan kadar abu yang rendah, sedangkan bobot isi rata-rata batubara dari hasil eksplorasi adalah 1,3 ton/m³.

Jadi kualitas batubara di wilayah konsensi pada umumnya mempunyai kadar abu sedang, berkalor tinggi dan mempunyai sulfur rendah. Dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Laporan Pengujian

Parameter Uji	Hasil (ar)		Standar Acuan
Total Moisture	6.71	%	ASTM D3302
Inherent Moisture	3.01	%	ASTM D3173-03
Kadar Zat Terbang	39.32	%	ASTM D3175-02
Kadar Abu	4.53	%	ASTM D3174-02
Nilai Sulfur	0.23	%	ASTM D4239

(Sumber : CV. Tahiti Coal 2023)

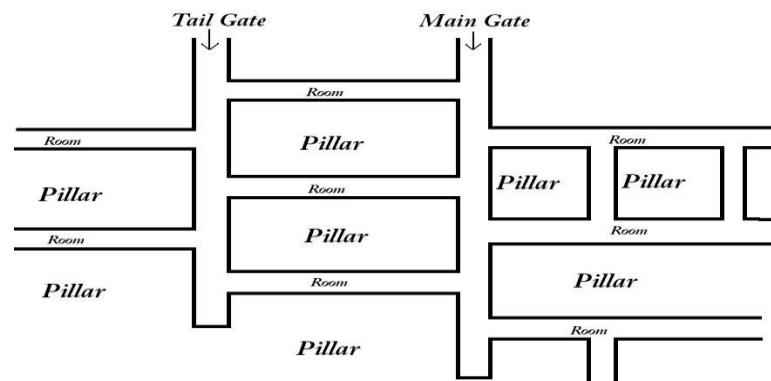
5. Metode Penambangan

CV. Tahiti Coal Menggunakan metode penambangan *room and pillars*, Metode *Room and Pillars* adalah kegiatan pengambilan batubara di bawah tanah dengan cara membuat blok-blok dalam lapisan batubara yang diselingi oleh pillar-pillar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang yang berguna sebagai penyangga alami.

Kegiatan awal pengambilan batubara pada metode *room and pillars* yaitu pembuatan *room* diantara *pillar*. Tujuannya adalah untuk membuat lubang bukaan sebagai jalan masuk ke lapisan batubara serta untuk membuat pilar – pilar yang nantinya akan diambil pada tahap kedua kegiatan.

Pembuatan lubang bukaan ini dilakukan dengan cara semi mekanis yaitu menggunakan peralatan *Jack Hammer* sebagai pembongkaran dinding – dinding batubara, dan dimasukkan ke gerobak untuk langsung dibawa ke

stockpile sementara yang terletak di pintu cabang, kemudian dimuat ke dalam lori untuk dibawa keluar lubang. Metode room and pillars dapat dilihat pada gambar 6.



(Sumber : Eldios Fadilla 2017)

Gambar 6. Sketsa Metode Penambangan Room and Pillars

B. Kajian Teoritis

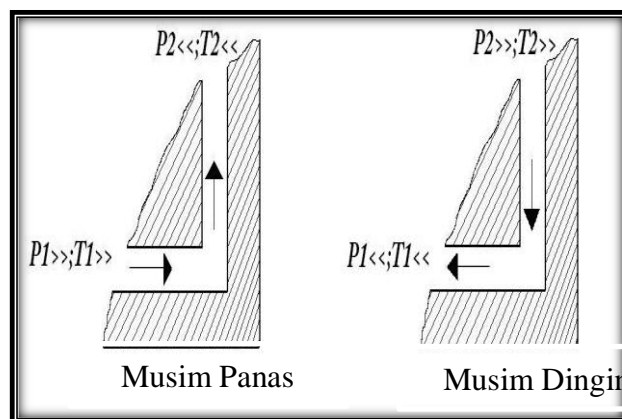
1. Sistem Ventilasi Tambang

Sebuah sistem ventilasi yang dirancang dan diterapkan dengan baik dan benar berguna bagi efek samping fisiologis dan psikologis yang dapat meningkatkan keselamatan, kenyamanan, kesehatan dan semangat karyawan. Dalam merencanakan sistem ventilasi, kuantitas udara yang diperlukan untuk memenuhi semua standar kesehatan dan keselamatan harus ditentukan terlebih dahulu.

Sistem ventilasi tambang bawah tanah terbagi menjadi dua bagian, yaitu sistem ventilasi alami (*Natural Ventilation System*) dan sistem ventilasi mekanis (*Mechanical Ventilation system*).

a. Sistem Ventilasi Alami (*Natural Ventilation System*)

Sistem ventilasi alami adalah suatu peranginan yang mengalirkan udara ke dalam lubang tambang dengan memanfaatkan keadaan dan tenaga alam. Hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan tekanan antara jalur udara masuk dengan jalur udara keluar. Perbedaan ini harus cukup besar untuk mengatasi perubahan penampang dan gesekan belokan pada aliran udara dalam tambang. Peranginan alami sangat tergantung dari perbedaan ketinggian bukaan serta perbedaan temperatur di dalam dan diluar tambang, semakin besar perbedaan tersebut maka semakin besar pula tekanan peranginan alam ini. Arah aliran udara di dalam tambang dengan peranginan alami dapat dilihat pada Gambar 7. berikut.



(Sumber : Balai Diklat Tambang Bawah Tanah 2009)

Gambar 7. Aliran Ventilasi Alami

Apabila temperatur di dalam tambang lebih tinggi dari temperatur udara diluar tambang (misalnya pada malam hari) maka tekanan udara di dalam tambang akan lebih besar dari tekanan udara diluar tambang sehingga udara akan mengalir dari titik P2 ke titik P1.

Bila temperature udara di dalam tambang lebih rendah dari temperatur udara diluar tambang (pada siang hari), maka tekanan udara di dalam tambang akan lebih kecil daripada tekanan udara diluar tambang sehingga udara akan mengalir dari titik P1 ke titik P2. Karakteristik ventilasi alami, terdiri dari yaitu:

- 1) Ventilasi alami tergantung pada perbedaan ketinggian permukaan, tempat kerja, serta perbedaan suhu udara.
- 2) Kekuatan ventilasi alami ditentukan oleh kedalaman, intensitas panas batuan dan perbedaan ketinggian dari lubang bukaan.
- 3) Pada iklim dingin ventilasi alami lebih kuat.
- 4) Arah aliran udara tidak konstan terutama pada tambang dangkal < 1500 ft (450 m).
- 5) Jika terjadi perubahan temperatur udara yang awalnya kecil dari dalam tambang dan menjadi besar dari dalam tambang arah aliran udara akan berbelok.

b. Ventilasi Mekanis

Sistem ventilasi mekanis adalah suatu sistem perangan yang mengalirkan udara kedalam lubang tambang dengan menggunakan mesin-mesin angin sebagai alat untuk memberikan perbedaan tekanan. Berdasarkan tekanannya sistem ventilasi mekanis dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut :

1) Ventilasi Hisap (*Exhaust System*)

Pada ventilasi sistem hisap, mesin angin dipasang pada jalan udara keluar. Karena isapan mesin angin menyebabkan tekanan udara dalam tambang mengecil sehingga udara yang bertekanan besar diluar akan masuk ke dalam tambang dan melalui tempat-tempat kerja, udara yang kotor akan dihisap oleh mesin angin lalu disalurkan ke luar tambang.

Dangan menggunakan ventilasi sistem hisap, terdapat beberapa keuntungan dan kerugian, diantaranya :

Keuntungan :

- a) Aliran udara lebih mudah diatur dan dikendalikan sehingga dapat mengurangi swabakar .
- b) Relatif tidak menyebabkan meningkatnya kelembaban udara dalam tambang.
- c) Jalur masuk udara dapat digunakan sebagai jalan angkutan utama.

Kerugian :

- a) Kurang optimal dalam menurunkan kadar debu tambang.
- b) Kurang efektif untuk mendilusi atau mengencerkan gas-gas berbahaya dalam tambang.

2) Sistem Hembus (*Forcing System*)

Pada ventilasi hembus, mesin angin dipasang padan jalur masuk udara. Udara akan ditekan masuk kedalam tambang oleh

mesin angin sehingga udara mengalir melalui jalan-jalan udara dalam tambang dapat dilihat pada gambar 8.

Dalam penggunaan ventilasi sistem hembus, juga terdapat beberapa keuntungan dan kerugian, diantaranya :

Keuntungan :

- a) Udara yang dihembuskan adalah udara bersih, sehingga dapat menurunkan temperature di dalam tambang.
- b) Kecepatan angin yang dihasilkan akan semakin besar sehingga sangat efektif digunakan untuk menurunkan kadar debu dan mengencerkan gas-gas berbahaya dalam tambang.

Kerugian :

- a) Aliran udara sulit dikendalikan sehingga dapat menimbulkan terjadinya swabakar.
- b) Kelembaban udara dalam tambang relatif meningkat.



Gambar 8. Blower

3) Sistem Hembus-Hisap

Sistem ventilasi ini merupakan gabungan dari sistem hembus dan hisap yang mana pada sistem ini terdapat dua *fan* yang memiliki tugas berbeda. *Fan* hembus akan menyuplai udara (*intake*) yang mana *duct* akhirnya diletakkan dekat dengan *front* kerja. Sedangkan *fan* hisap akan menghisap udara (*outtake*) yang mana *duct* akhirnya dipasang lebih jauh dari *front* kerja. Hal ini bertujuan agar udara segar yang baru di suplai tidak langsung terhisap.

2. Jenis-Jenis Fan (Kipas Angin) dan Duct

Fan merupakan pompa udara yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis ke energi fluida, dengan memasok tekanan untuk mengatasi *head losses* dalam aliran udara. Ada 2 jenis *fan* yaitu:

a. Axial *fan*

Berbentuk *impeller* pipih yang berputar, cenderung untuk mendesak udara keluar melalui salah satu sisi *impeller* yang berada didalam casing seperti tabung.

b. Sentrifugal *Fan*

Memiliki *casing* seperti keong, dimana *impeller* berbentuk seperti tabung yang berputar sehingga menimbulkan tekanan yang menyebabkan udara dari sisi lubang masuk bergerak ke dalam dan keluar melalui sisi yang lain. keluar melalui sisi yang lain.

Dalam sistem ventilasi tambang bawah tanah, penggunaan *duct* sangatlah penting. Ini dikarenakan *duct* berfungsi sebagai jalur udara yang

menghubungkan langsung *blower* dengan *front* kerja secara langsung. Berikut ini merupakan jenis *duct* yang sering digunakan pada kegiatan penambangan bawah tanah :

a. Duck Plastik

Sesuai namanya *duct* ini terbuat dari plastik dengan bahan dasar yang tipis. Keuntungan penggunaan *duct* jenis ini adalah harganya relatif paling murah. Namun tentu saja lebih rentan rusak atau bocor karena tipis.

b. *Duct* Terpal

Duct ini berbahan dasar terpal yang lebih tebal dibanding *duct* plastik. Hanya saja *duct* ini agak sulit ditemukan dan agak jarang digunakan.

c. *Duct Rigid* PVC

Duct ini merupakan tipe *duct* dengan kualitas terbaik yang bisa digunakan. Hal ini karena bahan dasarnya yang lebih tebal dan lebih fleksibel

3. Kuantitas Udara Tambang Bawah Tanah

Pengendalian kuantitas aliran udara di dalam tambang bawah tanah dilakukan untuk mengetahui distribusi aliran udara pada setiap jalur yang ada. Hal ini juga dapat memberikan gambaran tentang jalur-jalur mana saja yang sudah atau belum dialiri udara dengan kuantitas yang cukup untuk mendukung semua aktivitas pada jalur yang bersangkutan. Kuantitas udara di hitung dalam hubungan antara temperatur dan kecepatan udara di permukaan kerja.

Kuantitas udara yang harus dialirkan kedalam tambang dapat dihitung dengan persamaan;

$$Q = V \times A$$

Keterangan; V = kecepatan aliran udara, m/detik.

A = luas penampang jalan udara, m².

Q = kuantitas udara yang dialirkan, m³/detik

Dalam sistem pernafasan manusia, oksigen dihisap dan karbon dioksida dilepaskan sebagai hasil sisa dari pernafasan. Kebutuhan oksigen yang diperlukan manusia dalam bernafas berbeda-beda tergantung dari jenis aktivitas yang dilakukan, seperti dapat dilihat dari Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Kebutuhan Udara Pernafasan (*Respiratory Requirement*)

Kegiatan kerja	Laju pernafasan permenit	Udara terhirup permenit dalam in ³ /menit (10 ⁻⁴ m ³ /detik)	Oksigen terkonsumsi cfm (10 ⁻⁵ m ³ /detik)	Angka bagi pernafasan (respiratory quotient)
Istirahat	12 – 18	300 – 800 (0,82 – 2,18)	0,01 (0,47)	0,75
Kerja Moderat	30	2800 – 3600 (7,64 – 9,83)	0,07 (3,3)	0,9
Kerja Keras	40	6000 (16,4)	0,10 (4,7)	1,0

(Sumber : Balai Diklat TBT, 2002)

Pada suatu bukaan atau pipa ventilasi, kecepatan maksimum udara hanya terjadi pada tengah bukaan atau pipa ventilasi, sedangkan pada bagian tepi bukaan kecepatannya cenderung lebih rendah. Dalam menghitung kecepatan udara, angka yang dipakai adalah angka rata-rata bukan kecepatan maksimum. Sehingga dalam pengukuran kecepatan udara

harus dilakukan lebih dari satu kali, hasil yang didapat harus dirata-ratakan. Jika pengukuran dilakukan hanya pada satu tempat, maka hasilnya harus dikoreksi untuk mendapatkan angka rata-rata. Besarnya faktor koreksi yang biasa digunakan adalah 0,8.

4. Kualitas Udara dalam Tambang Bawah Tanah

a. Kandungan Gas-gas Tambang

1) Oksigen (O₂)

Oksigen merupakan gas yang diperlukan untuk pernafasan manusia yang tidak berwarna dan tidak berasa. Kandungan oksigen di atmosfer berkisar 20 – 21%, dalam tambang bawah tanah kandungan oksigen dapat menurun karena terkontaminasi oleh gas-gas lain. Oksigen dapat dideteksi menggunakan *detector tube*. Nilai ambang batas oksigen yang dibolehkan dalam tambang adalah 19,5%. Penurunan kandungan oksigen dapat membahayakan bagi jiwa manusia, berikut dijelaskan pengaruh penurunan kandungan oksigen bagi manusia dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Penurunan Konsentrasi Oksigen

Kandungan O ² di Udara	Pengaruh
17%	Laju pernafasan meningkat (ekivalen denganketinggian 1600 m)
15%	Terasa Pusing, suara mendesing dalam telinga dan jantung berdetak cepat
13%	Kehilangan kesadaran
9%	Pucat dan jatuh pingsan
7%	Sangat membahayakan kesehatan
6%	Kejang-kejang dan kematian

(Sumber : Bambang Heriyadi, 2002)

2) Karbonmonoksida (CO)

Merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak ada rasa, dapat terbakar dan sangat beracun. Gas ini banyak dihasilkan pada saat terjadi kebakaran pada tambang bawah tanah dan menyebabkan tingkat kematian yang tinggi. Gas ini mempunyai afinitas yang tinggi terhadap haemoglobin darah, sehingga sedikit saja kandungan gas CO dalam udara akan segera bersenyawa dengan butir-butir haemoglobin (COHb) yang akan meracuni tubuh lewat darah. Afinitas CO terhadap haemoglobin menurut penelitian (Forbes and Grove, 1954) mempunyai kekuatan 300 kali lebih besar dari pada oksigen dengan haemoglobin. Nilai ambang batas CO adalah 0,005%.

3) Karbondioksida (CO₂)

Gas ini berasal dari pernafasan manusia, penggunaan mesin diesel, lapisan batubara, peledakan, kebakaran batubara. Gas ini tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mendukung nyalanya api dan bukan merupakan gas racun. Gas ini lebih berat dari pada udara, karenanya selalu terdapat pada bagian bawah dari suatu jalan udara. Dalam tambang bawah tanah sering terkumpul pada bagian bekas-bekas penambangan terutama yang tidak terkena aliran ventilasi, juga pada dasar sumur-sumur tua. Pengaruh kenaikan CO₂ dapat dilihat pada Tabel 5.

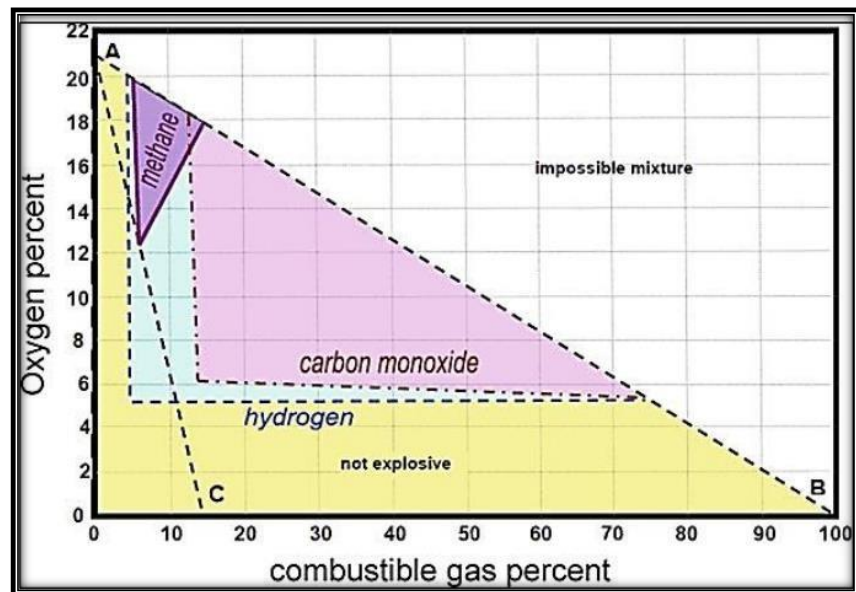
Tabel 5. Pengaruh Konsentrasi CO₂

No	Konsentrasi(CO ₂) (%)	Pengaruh
1	< 0,5	Pernafasan normal
2	0,5 – 3	Pernafasan agak cepat
3	3 – 5	Pernafasan lebih cepat dan melelahkan
4	> 10	Membahayakan jiwa dan kematian

(Sumber : Bahan Ajar Ventilasi Tambang, Drs. Bambang Heriyadi, MT. 2023)

4) Methane (CH₄)

Gas dengan berat jenis 0.55 ini merupakan gas yang terdapat pada lapisan batubara yang dapat keluar jika diberi tekanan dan gangguan. Gas ini memiliki sifat fisik seperti tidak berbau, tidak berwarna dan tidak berasa. Gas methane selalu berada dalam tambang batubara dan sering merupakan sumber dari suatu peledakan tambang. Campuran gas methan dengan udara disebut 'Firedamp'. Apabila kandungan methan dalam udara tambang bawah tanah mencapai 1% maka seluruh hubungan mesin listrik harus dimatikan. Gas ini mempunyai berat jenis yang lebih kecil dari pada udara dan karenanya selalu berada pada bagian atas dari jalan udara. Untuk mengetahui resiko ledakan digunakan diagram coward seperti gambar 9. di bawah sebagai pedoman.



(Sumber : Mc Pherson, 1993)

Gambar 9. Diagram Coward

5) Nitrogen Dioksida

Gas ini biasanya bersumber dari peledakan dan pembakaran yang tidak sempurna yang memiliki berat jenis terberat pada gas tambang bawah tanah yaitu 1.59. Gas ini memiliki bau yang mengganggu, berwarna merah kecoklatan, terasa pahit, dan merupakan gas yang beracun.

6) Hidrogen Sulfida (H_2S)

Gas ini disebut '*stinkdamp*' (gas busuk) karena baunya seperti bau telur busuk. Gas ini tidak berwarna, merupakan gas racun dan dapat meledak, merupakan hasil dekomposisi dari senyawa belerang. Gas ini mempunyai berat jenis yang sedikit lebih berat dari udara, dan sangat beracun. Walaupun gas H_2S mempunyai bau yang sangat jelas, namun kepekaan terhadap bau ini akan dapat

rusak akibat reaksi gas H_2S terhadap syaraf penciuman. Pada kandungan $H_2S = 0,01 \%$ untuk selama waktu 15 menit, maka kepekaan manusia akan bau ini sudah akan hilang. Nilai ambang batas H_2S adalah $0,005\%$.

7) Gas Pengotor Lainnya

Gas yang dapat dikelompokkan dalam gas pengotor lain adalah gas hidrogen yang dapat berasal dari proses pengikisan aki (*battery*).

Agar gas-gas dalam tambang bawah tanah tersebut tidak membahayakan, maka diperlukan pengendalian supaya konsentrasinya tetap dibawah nilai ambang batas dengan cara sebagai berikut :

a) Pencegahan (*Prevention*)

- (1) Menerapkan prosedur peledakan yang benar.
- (2) Perawatan dari motor-motor bakar yang baik.
- (3) Pencegahan terhadap adanya api.

b) Pemindahan (*Removal*)

- (1) Penyaliran (*drainage*) gas sebelum penambangan.
- (2) Penggunaan ventilasi isap lokal dengan kipas.

c) Absorpsi (*Absorption*)

- (1) Penggunaan reaksi kimia terhadap gas yang keluar dari mesin.
- (2) Pelarutan dengan percikan air terhadap gas hasil peledakan.

d) Isolasi (*Isolation*)

- (1) Memberi batas sekat terhadap daerah kerja yang terbakar.

(2) Penggunaan waktu-waktu peledakan pada saat pergantian gilir atau waktu-waktu tertentu.

e) Pelarutan (*Dilution*)

(1) Pelarutan lokal dengan menggunakan ventilasi lokal.

(2) Pelarutan dengan aliran udara utama.

b. Kandungan Debu Tambang

Penambangan batubara banyak menimbulkan masalah kesehatan. Masalah yang cukup mengemuka sementara ini terutama berkenaan dengan debu batubara yang berterbangan. Debu batubara mengandung bahan kimiawi yang dapat mengakibatkan terjadinya penyakit paru-paru. Penyakit tersebut muncul bila masyarakat yang berada di lokasi tambang batubara, atau di kawasan lalu-lintas pengangkutan batubara, menghirup debu batubara secara terus-menerus, dan yang paling beresiko adalah pekerja penambangan batubara itu sendiri.

Paparan debu dapat menyebabkan gangguan pernapasan akut salah satunya adalah hasil industri yang dapat mencemari udara seperti debu batu bara. Berbagai faktor berpengaruh terhadap timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran napas akibat debu. (*Sumber : Duta Hafisari, M Ricky Ramadhian, Fitria Saftarina. 2015:35-41*)

Debu merupakan bahan pengotor kedua yang ada dalam tambang setelah gas. Debu tambang dapat dibagian menjadi beberapa macam:

1) *Fibroenic dust*, yaitu debu yang dapat merusak sistem pernafasan, seperti silika, bijih berilium, bijih besi, bijih timah dan batubara. 2)

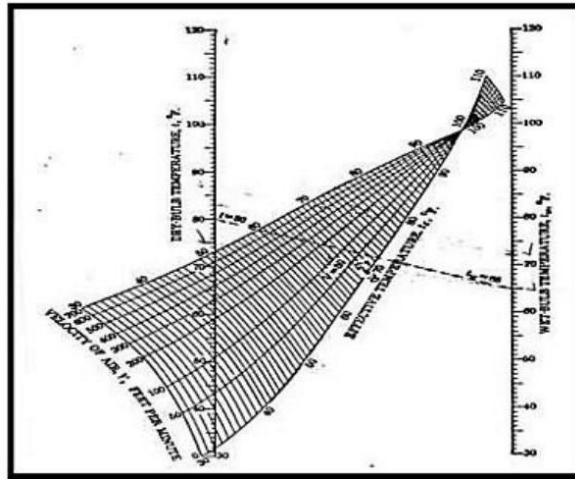
Carcinogenic dust, yaitu debu yang biasa menyebabkan kanker seperti: radon, asbestor, dan arsenic. 3) *Toxic dust*, yaitu debu yang beracun dapat merusak kulit seperti berilium, arsenic, dan uranium. 4) *Radio active dust*, yaitu debu yang mengandung radio aktif, sehingga berbahaya akibat radiasinya. Seperti uranium, radium, thorium. 5) *Explosive dust*, yaitu debu yang menyebabkan ledakan, seperti debu batubara, debu sulfat. 6) *Nuisance dust*, yaitu debu yang tidak terlalu berbahaya, seperti gypsum, dan kaolin. 7) *Insert dust*, yaitu debu yang tidak membahayakan.

Untuk memindahkan dan mengurangi konsentrasi debu di udara dilakukan dengan cara: 1) Melakukan tindakan preventif, usahakan kurangi kegiatan yang banyak menghasikan debu dan melakukan penyemprotan. 2) Pengaturan jumlah dan kapasitas peledakan yang efektif. 3) Pengenceran konsentrasi dengan mengalirkan udara segar dalam jumlah yang cukup pada permukaan kerja. 4) Pemakaian alat penyaring debu pada tempat-tempat yang berkadar debu tinggi.

c. Temperatur Efektif

Temperatur dapat berpengaruh pada efisiensi kerja para pekerja lubang. Untuk mengetahui kenyamanan lingkungan kerja tambang dapat dipakai temperature efektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi temperatur efektif adalah : 1) Temperatur basah (*Wet bulb temperature [Tw]*), yaitu temperatur yang diukur berhubungan dengan kecepatan penguapan air. 2) Temperatur kering (*dry bulb temperature*

[T_d]), yaitu temperatur yang menunjukkan keadaan panas udara. 3) Kecepatan aliran udara (*velocity* [V]), yaitu kecepatan aliran udara yang melalui lubang bukaan.



(Sumber : Diktat materi Ventilasi Tambang BDTBT)

Gambar 10. Grafik Hubungan T_d dan T_w untuk Temperatur Efektif

d. Kelembaban Udara

Pada tambang bawah tanah, udara yang terdapat tidak selalu udara kering tetapi juga terdapat uap air yang mana nantinya akan mempengaruhi kelembaban pada lubang. Sebagai pedoman digunakanlah grafik sesuaigambar 11 berikut ini ;

RELATIVE HUMIDITY, PER CENT—FAHRENHEIT TEMPERATURES													
Pressure = 30.0 Inches													
Dry-bulb Reading.	Difference between Dry and Wet Bulbs.												
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	
20	92	85	77	70	2	55	48	40	33	26	19	12	5
21	92	85	78	71	63	56	49	42	35	28	21	15	8
22	93	86	78	71	65	58	51	44	37	31	24	17	11
23	93	86	79	72	66	59	52	46	39	33	26	20	14
24	93	87	80	73	67	60	54	47	41	35	29	22	16
25	94	87	81	74	68	62	55	49	43	37	31	25	19
26	94	87	81	75	69	63	57	51	45	39	33	27	21
27	94	88	82	76	70	64	58	52	47	41	35	29	24
28	94	88	82	76	71	65	59	54	48	43	37	32	26
29	94	88	83	77	72	66	60	55	50	44	39	34	28
30	94	89	84	78	73	67	62	56	51	46	41	36	31
31	94	89	84	78	73	68	63	58	52	47	42	37	33
32	95	89	84	79	74	69	64	59	54	49	44	39	35
33	95	90	85	80	75	70	65	60	56	51	46	41	37
34	95	90	86	81	76	71	66	62	57	52	48	43	38
35	95	91	86	81	77	72	67	63	58	54	49	45	40
36	95	91	86	82	77	73	68	64	60	55	51	46	42
37	95	91	87	83	78	74	69	65	61	57	53	48	44
38	96	91	87	83	79	75	70	66	62	58	54	50	46
39	96	92	87	83	79	75	71	67	63	59	55	51	47
40	96	92	87	83	79	75	71	68	64	60	56	52	48
41	96	92	88	84	80	76	72	69	65	61	57	54	50
42	96	92	88	85	81	77	73	69	65	62	58	55	51
43	96	92	88	85	81	77	73	70	66	63	59	55	52
44	96	93	88	85	81	78	74	71	67	63	60	56	53

(Sumber : Diktat materi Ventilasi Tambang BDTBT)

Gambar 11. Kelembapan Relatif Udara

Ketika udara luar lebih dingin dari udara tambang (musim dingin), udara yang masuk dihangatkan dengan cepat ke suhu tambang. Sehingga selama musim dingin efek dari arus ventilasi adalah mengeringkan tambang dan kelembapan relatifnya rendah. Namun sebaliknya terjadi ketika dalam keadaan musim panas efek dari arus ventilasi melembabkan dan kelembapan relatifnya menjadi tinggi.

5. Fungsi Ventilasi Tambang

Adapun fungsi ventilasi sebagai berikut:

- Menyediakan dan mengalirkan udara segar ke dalam tambang untuk keperluan menyediakan udara segar (oksigen) bagi pernapasan para pekerja dalam tambang dan juga bagi segala proses yang terjadi dalam tambang yang memerlukan oksigen.

- b. Melarutkan dan membawa keluar dari tambang segala pengotoran dari gas- gas yang ada di dalam tambang hingga tercapai keadaan kandungan gas dalam udara tambang yang memenuhi syarat bagi pernapasan.
- c. Menyingkirkan debu yang berada dalam aliran ventilasi tambang bawah tanah hingga ambang batas yang diperkenankan.
- d. Mengatur panas dan kelembaban udara tambang bawah tanah sehingga dapat diperoleh suasana / lingkungan kerja yang nyaman.
- e. Udara diperlukan tidak hanya untuk pernapasan tetapi juga untuk membubarkan kontaminasi kimia dan fisika (gas, debu, dan kelembaban)serta untuk mencairkan emisi disel.

6. Prinsip Ventilasi Tambang

Adapun prinsip yang berlaku dalam pengaturan aliran udara dalam ventilasi tambang adalah sebagai berikut :

- a. Udara akan mengalir dari kondisi bertemperatur rendah ke temperatur tinggi.
- b. Udara akan lebih banyak mengalir melalui jalur-jalur ventilasi yang memberikan tahanan yang lebih kecil dibandingkan dengan jalur yang bertahanan lebih besar.
- c. Hukum-hukum mekanika fluida akan selalu diikuti dalam perhitungan ventilasi tambang.
- d. Tekanan ventilasi tetap memperhatikan tekanan atmosfer, bisa positif (*blowing*) atau negatif (*exhausting*).

- e. Aliran udara mengikuti hukum kuadrat yaitu hubungan antara kuantitas dan tekanan, bila kuantitas diperbesar dua kali lipat maka dibutuhkan tekanan empat kali lipat.

7. Ketentuan Hukum Ventilasi Tambang Bawah Tanah

Berdasarkan kaidah hukum pertambangan, khususnya mengenai system ventilasi tambang bawah tanah yang berlaku di Indonesia diketahui bahwa berdasarkan keputusan menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 1827 K/30/MEM/2018 dan Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral No 185.K/37.04/DJB/2019 dapat di simpulkan:

- a. Tambang bawah tanah yang berdekatan dan sistem ventilasinya bergabung diperlakukan sebagai satu tambang yang berada di bawah pengawasan seorang KTT kecuali ditetapkan lain oleh KaIT atau Kepala Dinas atas nama KaIT sesuai dengan kewenangannya.
- b. KTT menjamin tersedianya aliran udara bersih yang cukup untuk semua tempat kerja dengan ketentuan volume oksigennya tidak kurang dari 19,5% (sembilan belas koma lima persen) dan volume karbondioksidanya tidak lebih dari 0,5% (nol koma lima persen);
- c. Mempekerjakan karyawan pada tempat kerja yang aman dan terhindar dari kandungan debu, asap, atau uap yang konsentrasinya dapat mengganggu kesehatan; dan Aliran udara cukup untuk mengurangi atau menyingkirkan konsentrasi asap peledakan secepat mungkin,

- d. Tambang batubara bawah tanah atau tambang bawah tanah lainnya dinyatakan sebagai tambang berbahaya gas apabila memenuhi salah satu ketentuan yakni ; memiliki kandungan gas metan (*fire damp*) lebih dari 0,25% (nol koma lima persen) setiap saat di bagian manapun di bawah tanah; atau Pernah terjadi kebakaran atau ledakan gas metan di bawah tanah.
- e. Apabila dalam sistem ventilasi tambang terdeteksi adanya gas yang mudah terbakar dan meledak, maka KTT mengambil tindakan pengamanan khusus untuk memperbaiki kondisi tersebut. volume udara bersih yang dialirkan dalam sistem ventilasi:
 - 1) diperhitungkan berdasarkan jumlah Pekerja terbanyak pada suatu lokasi kerja dengan ketentuan untuk setiap orang tidak kurang dari 2 (dua) meter kubik per menit selama pekerjaan berlangsung;
 - 2) Dan ditambah sebanyak 3 (tiga) meter kubik per menit untuk setiap tenaga kuda, apabila mesin diesel dioperasikan.
- f. Apabila melakukan perubahan sebagian besar sistem ventilasi, maka perusahaan:
 - 1) Membuat peta ventilasi yang menggambarkan perubahan yang dilakukan;
 - 2) Dilakukan oleh Tenaga Teknis Pertambangan yang Berkompeten; dan
 - 3) Dan Salinan peta rencana perubahan ventilasi dikirimkan kepada KaIT atau Kepala Dinas atas nama KaIT sesuai dengan

kewenangannya selambat-lambatnya 30 (tiga puluh) hari sebelum perubahan dimulai.

- g. Jalan masuk udara paling sedikit dengan ketentuan:
 - 1) KTT memastikan bahwa jalan masuk udara bersih ke suatu tempat kerja dirawat dan sedapat mungkin bahan yang digunakan pada sepanjang jalan masuk udara bersih tersebut tahan api.
 - 2) pada jalan masuk udara bersih tidak boleh melakukan kegiatan yang dapat menimbulkan kebakaran.
- h. Peraturan perusahaan tentang pengaturan ventilasi paling sedikit dengan ketentuan: Dibuat peraturan perusahaan tentang ventilasi dan penggunaan peralatan ventilasi yang memastikan bahwa:
 - 1) Perawatan dan pengoperasian yang aman dan efektif terhadap semua sistem ventilasi; Pemantauan terhadap pengoperasian kipas angin; Pemulihan kondisi bagian tambang yang terakumulasi gas beracun, gas metan yang melampaui nilai ambang batas yang ditetapkan dalam peraturan ini; Jumlah udara minimum yang dialirkan ke setiap tempat kerja; dan mengatur dan mencatat tata guna kipas angin bantu.
 - 2) Sejumlah Tenaga Teknis Pertambangan yang Berkompeten diangkat untuk mengawasi pelaksanaan sistem ventilasi serta peralatan ventilasi dan nama petugas tersebut dicatat dalam buku tambang.

- 3) Setiap bagian yang dipersiapkan untuk ditambang mempunyai peta ventilasi yang memuat hal-hal sebagai berikut: Tahap kemajuan pemasangan kipas angin ban tu dilubang maju dan jaringan ventilasi yang tetap; Di penambangan lorong panjang, kelengkapan jaringan ventilasi sebelum permuka kerja lengkap untuk memulai produksi; dan Panjang maksimum lubang maju yang akan dibuat sebelum pembuatan lubang untuk ventilasi pada sistem penambangan ruang berpenyangga alami.
- i. Standar ventilasi paling sedikit dengan ketentuan: Temperatur udara di dalam tambang bawah tanah dipertahankan antara 18 (delapan belas) derajat celcius sampai dengan 27 (dua puluh tujuh) derajat Celcius agar tetap terjaga dalam kondisi nyaman untuk bekerja dengan kelembaban relatif maksimum 85% (delapan puluh lima persen). Jika temperatur dan kelembaban relatif udara dalam tambang bawah tanah tidak terpenuhi, maka mendapat pengecualian dari KaIT atau Kepala Dinas atas nama KaIT sesuai dengan kewenangannya.
 - j. Kondisi ventilasi di tempat kerja: Untuk rata-rata 8 (delapan) jam paling sedikit dengan ketentuan:
 - 1) Karban monoksida (CO) volumenya tidak lebih dari 0,005% (nol koma nol nol lima persen);
 - 2) Metan (CH₄) volumenya tidak lebih dari 0,25% (nol koma dua puluh lima persen);

- 3) Hidrogen sulfida (H_2S) volumenya tidak lebih dari 0,001% (nol koma nol nol satu persen);
 - 4) Nitrat dioksida (NO_2) tidak lebih dari 0,0003% (nol koma nol nol nol tiga persen);
 - 5) Oksigen (O_2) tidak kurang dari 19,5% (sembilan belas koma lima persen);
 - 6) Karbondioksida (CO_2) tidak lebih dari 0,5% (nol koma lima persen);
 - 7) Sulfurdioksida (SO_2) tidak lebih dari 0,0002% (nol koma nol nol nol dua persen);
 - 8) Nitrogen Oksida (NO) tidak lebih dari 0,0025% (nol koma nol nol dua lima persen); dan Amoniak (NH_3) tidak lebih dari 0,0025% (nol koma nol nol dua lima persen),
 - 9) Dalam tenggang waktu 15 (lima belas) menit CO tidak boleh lebih dari 0,04% (nol koma nol empat persen); dan NO_2 tidak boleh lebih dari 0,0005% (nol koma nol nol nol lima persen).
- k. KTT melakukan tindakan perbaikan dan pencatatan apabila:
- 1) Kandungan gas metan lebih dari 1 % (satu persen) pada tempat jalan udara keluar dan jarak 50 (lima puluh) meter dari permukaan kerja lorong panjang; atau Kandungan gas metan lebih dari 0,5% (nol koma lima persen) pada jalan udara masuk dalam jarak 50 (lima puluh) meter dari permukaan kerja lorong panjang.

- 2) Alat deteksi gas digunakan untuk menguji kurangnya semua kandungan gas pada lingkungan kerja termasuk kandungan oksigen.
- 3) Lokasi yang tidak berventilasi ditutup atau dirintangi dan dipasang tanda larangan memasuki lokasi tersebut.
- 4) Pada setiap lokasi yang ditinggalkan dan sudah ditutup dinding penyekat, dipasang pipa yang dilengkapi katup, agar pengambilan contoh udara dapat dilakukan dan juga untuk melakukan pengukuran tekanan udara di balik dinding penyekat tersebut.
- 5) Kecepatan minimum udara ventilasi yang dialirkan ke tempat kerja 7 (tujuh) meter per menit dan dapat dinaikkan sesuai dengan kebutuhan pekerjaan dan setelah peledakan atau dapat dinaikkan sesuai dengan kebutuhan pekerjaan dan setelah peledakan.
- 6) Jalan udara mempunyai ukuran yang memadai sesuai dengan jumlah udara yang dialirkan.
- 7) KTT menunjuk petugas yang bertanggung jawab untuk mengawasi ventilasi tambang dan nama yang bersangkutan dicatat dalam buku tambang.
- 8) Jumlah dan mutu udara yang mengalir pada masing-masing lokasi atau tempat kerja dengan sistem ventilasi ditentukan dengan tenggang waktu yang tidak melebihi satu bulan.

- I. Ventilasi alam paling sedikit dengan ketentuan:
 - 1) Pemanfaatan ventilasi alam secara terus-menerus dapat dilakukan akan tetapi dilengkapi dengan kipas angin mekanis pada permukaan tanah yang sewaktu-waktu difungsikan apabila diperlukan.
 - 2) IT berdasarkan besarnya tambang dan kondisi lingkungan tempat kerja di tambang dari hasil pengawasan dapat meminta kepada KTT / Kepala Tambang Bawah Tanah untuk mengevaluasi perlunya cadangan kipas angin mekanis yang berkapasitas minimim mampu mengalirkan udara yang cukup untuk kebutuhan Pekerja.

8. Pengendalian Kuantitas dan Kualitas Udara

- a. Perhitungan Jumlah Pekerja Lubang Pengiring THC-04

Setiap pekerja yang melaksanakan kegiatan di dalam lubang tambang harus diperhitungkan untuk penentuan jumlah kuantitas udara dalam lubang tambang.

Jadi, setiap pekerja harus tercukupi kebutuhan udaranya demi kelancaran proses penambangan di dalam lubang.
- b. Perhitungan Luas Penampang *front* Kerja Lubang Pengiring THC-04

Bentuk penampang *front* kerja lubang Pengiring THC-04 adalah berbentuk bangun datar trapesium. jadi untuk menghitung luas penampang *front* kerja dapat digunakan rumus luas bangun datar trapesium dengan persamaan :

$$A = \frac{\text{jumlah sisi sejajar}}{2} \times \text{tinggi} \dots\dots\dots(1)$$

c. Pengukuran Kualitas Udara Lubang Pengiring THC-04

Untuk mengukur kualitas udara, penulis menggunakan alat gas detektor gas bermerek GAS ALERT MICRO CLIP XL yang mana alat ini dapat mendeteksi gas O₂, CO, H₂S, dan CH₄. Alat *ques temp* 34 alat dapat mengukur temperatur kering, temperatur basah dan kelembapan. Gambar *ques temp* 34 dapat dilihat pada gambar 13 dan gas detector dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Gas Detektor



Gambar 13. Ques Temp 34

d. Penentuan Kebutuhan Kuantitas Udara di Lubang Pengering Tambang THC-04

Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, Volume udara bersih yang dialirkan dalam sistem ventilasi harus : 1) Diperhitungkan berdasarkan jumlah pekerja terbanyak pada suatu lokasi kerja dengan ketentuan untuk setiap orang tidak kurang dari 2 m³/menit (0,03 m³/detik) selama pekerjaan berlangsung, dan Ditambah sebanyak 3 m³/menit (0,05 m³/detik) untuk setiap tenaga kuda, apabila mesin diesel dioperasikan.

Ada dua cara perhitungan untuk menentukan jumlah udara yang diperlukan untuk pernafasan, yakni :

- 1) Atas Dasar Kebutuhan Oksigen Minimum, yaitu 19,5% (Kepmen No 1827 K/30/MEM/2018)

Diketahui bahwa O₂ dalam udara normal berjumlah 21% dan jumlah udara yang dibutuhkan dilambangkan dengan Q cfm. Pada

pernafasan, jumlah O_2 akan berkurang sebanyak 0,1 cfm, sehingga akan dihasilkan persamaan untuk jumlah oksigen sebagai berikut;

$$(O_2 \text{ intake}) - (O_2 \text{ consumed}) = (O_2 \text{ downstream})$$

$$0,21 Q - 0,1 = 0,195 Q \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

0,21 Q = Kandungan oksigen di udara

0,1 = Jumlah oksigen pada pernafasan

0,195Q= Kandungan oksigen minimum untuk pernafasan.

Sehingga nilai Q berdasarkan kandungan oksigen minimum untuk pernafasan dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = \left(\frac{0,1}{0,21-0,195} \right) = 6,7 \text{ cfm} \dots\dots\dots(3)$$

Jadi, berdasarkan Kandungan minimum oksigen, jumlah udara pernafasan yang dibutuhkan untuk satu orang berjumlah 6,7 cfm.

2) Atas Dasar Kandungan CO_2 Maksimum, yaitu 0,5%

Dengan harga angka bagi pernafasan = 1,0 maka jumlah CO_2 pada pernafasan akan bertambah sebanyak $1,0 \times 0,1 = 0,1$ cfm. Dengan demikian akan didapat persamaan ;

$$(CO_2 \text{ in intake}) + (CO_2 \text{ produced}) = (CO_2 \text{ downstream})$$

$$0,0003 Q + 0,1 = 0,005 Q \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

0,0003 Q = Kandungan CO_2 dalam udara normal

0,1 = Jumlah CO_2 hasil pernafasan

0,005 Q = Kandungan CO_2 maksimum dalam udara.

Sehingga nilai Q berdasarkan kandungan oksigen minimum untuk pernafasan dapat dicari dengan persamaan:

$$Q = \left(\frac{0,1}{0,005 - 0,0003} \right) = 21,3 \text{ cfm} \dots \text{ m}^3/\text{dtk} \dots \dots \dots (5)$$

Dari kedua cara perhitungan tersebut, yaitu atas kandungan oksigen minimum 19,5% dalam udara pernafasan dan kandungan maksimum karbon dioksida sebesar 0,5% dalam udara untuk pernafasan, diperoleh angka untuk kebutuhan udara segar bagi pernafasan seseorang sebesar 6,7 cfm dan 21,3 cfm. Dalam hal ini tentunya angka 21,3 cfm yang digunakan sebagai angka kebutuhan seseorang untuk pernafasan.

Dalam merancang kebutuhan udara untuk ventilasi tambang digunakan angka kurang lebih sepuluh kali lebih besar, yaitu 200 cfm per orang (= 0,1 m³/detik). (*Sumber: Drs. Bambang Heriyadi, MT. 2002;4*)

Kebutuhan udara dalam tambang bawah tanah dibagi menjadi dua hal, yaitu :

- a) Kuantitas udara dihitung untuk pernapasan pekerja

Jika kebutuhan udara minimum untuk pernapasan pekerja adalah sebesar 0,1 m³/detik/orang :

$$Q = \text{jumlah orang} \times 0,1 \text{ m}^3/\text{detik/orang}$$

$$Q = \text{m}^3/\text{detik} \dots \dots \dots (6)$$

- b) Berdasarkan kebutuhan minimum untuk mengencerkan gas

Dari emisi gas metan yang dihasilkan berdasarkan hasil data kedalaman galian IPCC (*Intergovernmental Panel for Climate Change*), 2006 yaitu 0 – 100 m maka faktor emisi yang digunakan adalah 1,2 m³/ton. Dan penelitian yang dilakukan oleh Simatupang pada ‘*The Coal Bed Methane Potential of Tanjung Formation in Tanah Bumbu South Kalimantan*’ Mengatakan bahwa untuk kedalaman 200 m – 270 m total rata-rata kandungan metana adalah antara 0,05 m³/ton – 0,14 m³/ton. Dari emisi gas metan yang mungkin timbul sesuai dengan jumlah produksi dapat dihitung kuantitas udara yang dibutuhkan untuk mencairkan metan dengan batas maksimum kandungan gas metan di udara sebesar 1%.

Jumlah produksi pergilir, yaitu dengan mengalikan luas penampang (A) dengan kemajuan rata-rata penggalian pergilir (S) dan berat jenis batubara (SG), dengan persamaan seperti di bawah ini:

$$P = A(m^2) \times S(m) \times SG(ton/m^3)$$

$$P = ton \dots\dots\dots(7)$$

Total jumlah gas metan yang terdapat dalam lubang tambang berdasarkan jumlah produksi sebesar :

$$Qg = \text{Produksi} \times m^3/\text{ton} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja pergilir}}$$

$$Qg = m^3/\text{detik} \dots\dots\dots(8)$$

Maka, kuantitas udara yang dibutuhkan untuk mendilusi gas metan adalah :

$$Q = \frac{Qg}{NAB-B} - Qg \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

Q = Kuantitas udara yang dibutuhkan, m³/detik.

Qg = Kuantitas gas yang diencerkan, m³/detik.

NAB = Nilai Ambang Batas gas tambang (batas maksimum kandungan gas metan diudara sebesar 1%).

B = Konsentrasi gas tersebut dalam udara bebas.

e. Menghitung Kuantitas Udara yang Dihasilkan oleh Mesin Angin

Untuk menghitung kuantitas udara yang dihasilkan oleh mesin angin digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

Q = Kuantitas Udara (m³/detik)

V = Kecepatan Aliran Udara (m/detik)

A = Luas Penampang Saluran Udara (m²)



Gambar 14. Anemometer

Pengukuran kecepatan udara dilakukan dengan menggunakan alat *Anemometer*, dapat dilihat pada gambar 14. Pada saat pengukuran *Anemometer* diletakkan di depan pipa saluran udara tempat dimana udara keluar, pengukuran dilakukan lebih dari satu kali, penulis melakukan pengukuran masing-masing 5 kali pada tiap front kerja. Hasil pengukuran dirata-ratakan kemudian dikalikan dengan faktor koreksi dengan nilai 0,8.

f. Mengetahui Spesifikasi Mesin Angin

Pada lubang Pengiringing THC-04 terdapat dua jenis mesin angin yaitu mesin angin utama untuk memompakan udara dari luar ke dalam lubang tambang, dan mesin angin bantu untuk mengalirkan udara ke *front* penambangan, kedua jenis mesin angin memiliki tipe dan spesifikasi yang berbeda.

g. Menghitung Perbedaan Tekanan Aliran Udara

Aliran udara terjadi karena adanya perbedaan tekanan yang ditimbulkan antar dua titik dalam sistem. Energi yang diberikan untuk mendapatkan aliran yang tunak (*Steady*), digunakan untuk menimbulkan perbedaan tekanan dan mengatasi kehilangan aliran.

Untuk menghitung tekanan aliran udara, digunakan persamaan berikut:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^2 \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

P_1 = Tekanan Awal

P_2 = Tekanan Akhir

Q_1 = Kuantitas Spesifikasi Alat

Q_2 = Kuantitas Hasil

Untuk menghitung perbedaan tekanan aliran udara, digunakan persamaan :

$$\Delta P = P_1 - P_2 \dots\dots\dots(12)$$

h. Menghitung Kemampuan Mesin Angin dalam Memenuhi Kebutuhan Udara

Untuk menentukan jarak yang dapat dijangkau oleh mesin angin dapat dicari dengan persamaan :

$$P = \frac{K C L Q^2}{A^3} \times \frac{W}{1,2} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

P = Tekanan

K = Koefisien Gesek (0,003)

C = Keliling Pipa Saluran Udara

L = Panjang Pipa Saluran Udara

Q = Kuantitas Udara Yang dihasilkan

A = Luas Penampang Pipa Saluran Udara

W = Berat Jenis Udara (1,2 Kg/m³)

i. Analisis Perkiraan Biaya Listrik Ventilasi

Untuk menentukan perkiraan biaya ventilasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = \frac{K C L Q^2}{A^3} \dots\dots\dots(14)$$

$$Wa = \frac{P \cdot Q}{1000} = kW \dots\dots\dots(15)$$

P = Tekanan

K = Koefisien Gesek (0,003)

C = Keliling Pipa Saluran Udara

L = Panjang Pipa Saluran Udara

Q = Kuantitas Udara Yang dihasilkan

A = Luas Penampang Pipa Saluran Udara

Wa = Daya Ventilasi

C. Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan adalah sumber acuan khusus berupa penelitian yang terdapat dalam jurnal, skripsi dan sebagainya. Dalam sumber acuan khusus, peneliti akan memperoleh hasil-hasil penelitian yang terdahulu. Berikut disajikan beberapa penelitian relevan yang berhubungan dengan penelitian penulis tentang kuantitas dan kualitas udara.

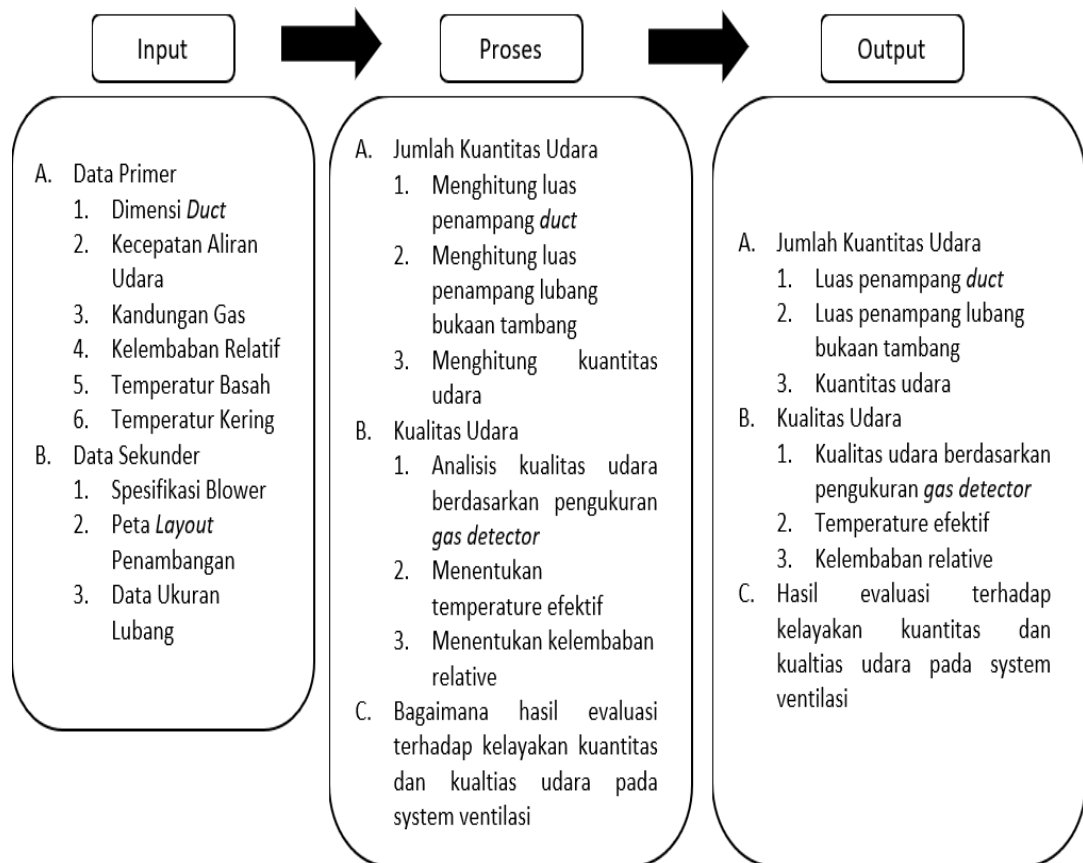
1. Penelitian yang dilakukan oleh Eldios Fadilla Universitas Negeri Padang Padang pada Tahun 2017 dengan judul **Evaluasi Kuantitas Udara pada Lubang Utama (*Main Gate*) Penambangan Batubara THC-02 CV. Tahiti Coal**. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuantitas udara dan gas di tambang bawah tanah berdasarkan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No 555.K/ 26/ M.PE /1995. Adapun pengukuran yang dilakukan adalah kandungan gas, kecepatan udara, dimensi duct yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan hambatan udara dan kebutuhan udara pada *front* kerja.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Ummu Nadiyah Universitas Negeri Padang Padang pada Tahun 2022 dengan judul **Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Udara Pada Lubang D-25 Lokasi IPT. Dasrat Sarana Arang Sejati, Parambahan, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuantitas udara dan kualitas udara di tambang bawah tanah berdasarkan KEPMEN 1827/K/30/MEM/2018. Adapun pengukuran yang dilakukan adalah kandungan gas, temperatur udara, kelembapan relative, kecepatan udara, dimensi duct yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kebutuhan udara pada *front* kerja.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Annisa Oktavianingsih Universitas Negeri Padang pada Tahun 2020 yang berjudul **Analisis Kebutuhan Udara Dan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat**.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas udara dan gas di tambang bawah tanah berdasarkan KEPMEN 1827/K/30/MEM/2018. Adapun pengukuran yang dilakukan adalah kandungan gas, temperatur udara, dan kelembapan relative yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan hambatan udara.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Ari Febrianda Bafnis Universitas Negeri Padang dengan judul **Analisis Sistem Ventilasi Tambang untuk Kebutuhan Operasional Penambangan pada Tambang Bawah Tanah Ombilin 1 (Sawahluwung) PT. Bukit Asam UPO**. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui analisis kuantitas dan kualitas udara pada beberapa *front*, diantaranya *front J6C*, *front J9C*, *front J11C* dan *front Dosco*. Berdasarkan pantauan awal diketahui kuantitas udara yang ada sudah mencukupi untuk kebutuhan udara minimal untuk operasional penambangan, hanya saja pada *front dosco* udara tetap mengalir sedangkan saat ini *front* tersebut sedang tidak beroperasi. Jadi dapat disimpulkan adanya pemborosan udara menuju *front* ini. Solusi yang diambil pada permasalahan ini adalah dengan melakukan seal *off* pada udara yang menuju *front dosco*, sehingga kuantitas udara menuju *front J11C* meningkat.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Rizki Putri Bungo Universitas Negeri Padang Padang pada Tahun 2020 dengan judul **Evaluasi dan Penyesuaian Sisitem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Penyesuaian Sistem Ventilasi pada Tambang**

Batubara Bawah Tanah Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menemukan penyesuaian yang tepat pada sistem ventilasi. Untuk pemenuhan kualitas udara pada lubang dapat dilakukan peninjauan pada kandungan gas pengotor, temperatur udara, dan kelembapan. Sedangkan untuk memenuhi kuantitas udara dapat ditinjau dari segi kecepatan aliran udara.

D. Kerangka Konseptual



Gambar 15. Kerangka Konseptual

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang dilaksanakan berdasarkan analisis teori, pengumpulan data dan dianalisis dengan menggunakan rumus berdasarkan kajian teori sehingga menjadi bahan penelitian yang relevan.

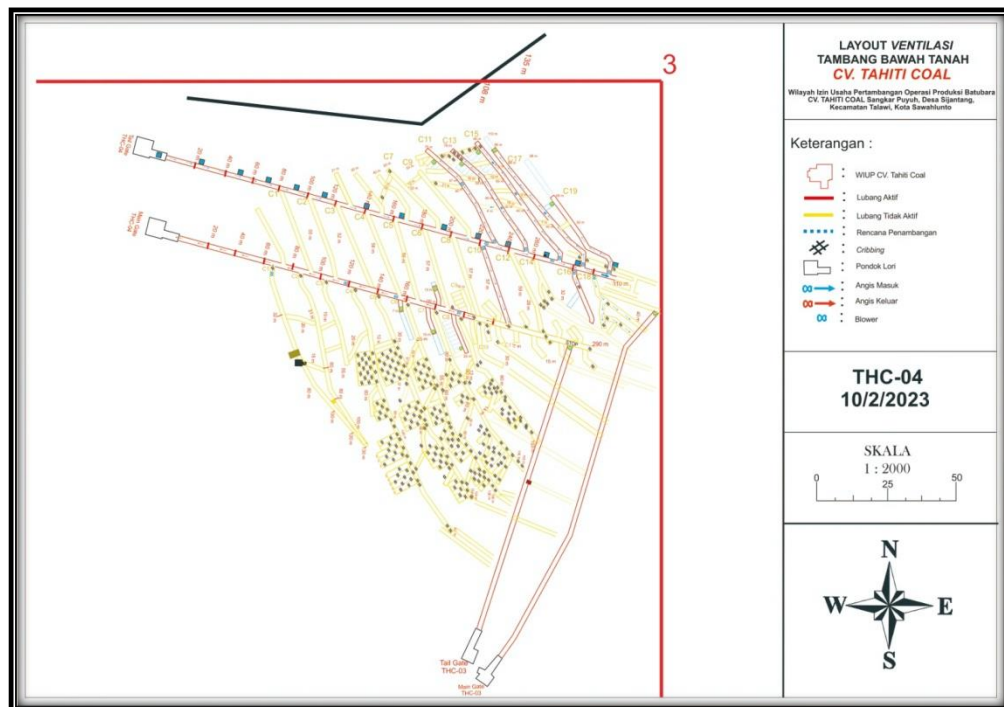
Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian kuantitatif yang bersifat terapan. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang dilakukan dengan menjelaskan, menguji, dan menentukan hubungan antar variabel dengan memilah permasalahan menjadi bagian yang dapat diukur atau dinyatakan dalam bentuk angka. Penelitian kuantitatif menggunakan instrumen atau alat pengumpul data yang menghasilkan data numerikal (angka).

Jenis penelitian yang dipakai adalah eksperimen, yakni berdasarkan analisis dan pengamatan di lapangan.

B. Objek Penelitian

Objek penelitian yang dijadikan penulis sebagai penelitian adalah sistem ventilasi yang digunakan pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 CV. Tahiti Coal seperti yang terlihat pada gambar 16.

Secara geografis, wilayah kuasa penambangan CV. Tahiti Coal terletak pada koordinat $100^{\circ}45'06''$ – $100^{\circ}45'32''$ Bujur Timur (BT) dan $00^{\circ}37'20''$ - $00^{\circ}37'51''$ Lintang Selatan (LS). Secara administratif terletak di desa Sikalang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat.



(Sumber : CV. Tahiti Coal 2023)

Gambar 16. Peta Layout THC-04 CV Tahiti Coal

C. Tahapan Penelitian

1. Persiapan

Kegiatan ini merupakan tahapan awal sebelum kegiatan lapangan dilaksanakan yang meliputi :

- a. Persiapan administrasi dan pengurusan surat-surat izin di kampus dan perusahaan untuk mendukung legalitas penelitian.
- b. Konsultasi dengan pembimbing akademik terkait saran dalam penentuan lokasi spesifik penelitian dan pengambilan data di lapangan.
- c. Pengumpulan literatur dari berbagai sumber seperti buku-buku, publikasi jurnal ilmiah, maupun sumber yang berasal dari internet yang berhubungan dengan topik penelitian.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan penelitian melalui buku-buku, laporan dan jurnal penelitian berkaitan maupun literatur dari internet. Adapun studi literature yang dilakukan meliputi deskripsi daerah penelitian, teori mengenai ventilasi dan teori mengenai *swab* bakar.

3. Observasi Lapangan

Observasi lapangan adalah kegiatan peninjauan lapangan langsung untuk mengamati kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut. Observasi ini juga digunakan sebagai langkah awal dalam menentukan kelayakan (*feasibility*) sebuah penelitian dapat dilakukan pada sebuah lokasi.

4. Pengumpulan data

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil pengamatan langsung di lapangan seperti:

- 1) Kandungan gas dalam tambang diukur menggunakan alat Gas *Detector*, dimana penulis menggunakan alat ini yang diarahkan ke sekeliling penampang lokasi pengamatan di lubang tambang dengan cara konstan.
- 2) Temperatur dan kelembapan udara dalam lubang tambang diukur menggunakan Ques Temp 34. Dimana alat ini diletakan setinggi 1,5 m di lokasi *front* tempat pengukuran. Pengambilan data dapat

dilakukan minimal 15 menit untuk dapat memberikan nilai temperature kering, temperature basah, dan kelembapan relative.

- 3) Kecepatan udara pada ventilasi tambang diukur dengan alat anemometer. Penulis menggunakan alat ini dengan cara mengukur kecepatan angin di setiap *blower* yang ada di terowongan sehingga didapat kecepatan angin di terowongan tersebut.
- 4) Luas penampang terowongan dan duct diukur secara manual dengan meteran.

b. Data Sekunder

- 1) Layout kemajuan lubang tambang untuk mendapatkan gambaran lokasi kegiatan dan kemajuan penambangan Lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04.
- 2) Spesifikasi fan/ blower yang digunakan pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04.
- 3) Peta Lokasi CV. Tahiti Coal
- 4) Literatur Lainnya.

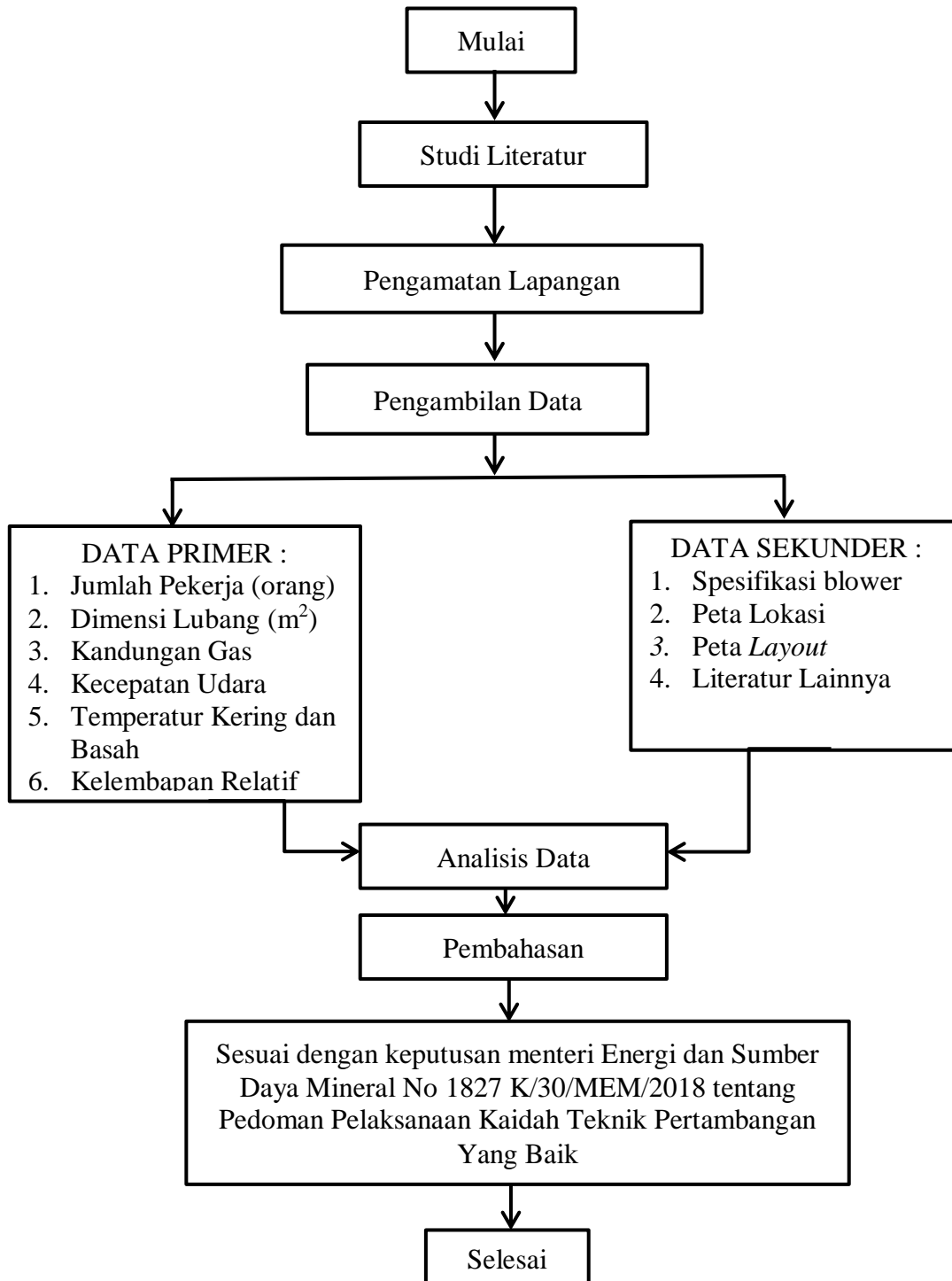
D. Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data bertujuan untuk mengetahui bagaimana caradan proses untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi sesuai dengantujuan yang sudah ditetapkan. Adapun pengolahan data yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Melakukan evaluasi untuk menentukan kelayakan sistem ventilasi dengan melakukan pengukuran pada:

- a. Menghitung luas penampang duct dan terowongan menggunakan persamaan (1)
 - b. Menghitung kualitas dan kuantitas udara pada setiap *front* kerja
 - c. Menghitung kebutuhan udara total pada lubang pengiring (*tail gate*)
THC-04.
 - d. Menghitung kebutuhan udara pada jalur utama maupun percabangan
2. Menganalisis kualitas dan kuantitas udara pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 dengan melakukan perbandingan antara kondisi aktual dengan kondisi ideal sesuai dengan :
- a. keputusan menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 1827 K/30/MEM/2018.
 - b. Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral No 185.K/37.04/DJB/2019

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 17. Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

a. Data Primer

a. Data Kandungan Gas

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran kandungan gas pengotor pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kandungan Gas

Lokasi	O ₂ (%)	CO	H ₂ S	CH ₄ (%)
FK C9	20,9	0	0	0
FK C11	20,9	0	0	0
FK C13	20,9	0	0	0
FK C14	20,6	0	0	0
FK C15	20,2	0	0	0

b. Data Temperature dan Kelembapan Udara

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran temperature dan kelembapan pada lubang .

Tabel 7. Hasil Pengukuran temperature dan kelembapan Udara

Lokasi	TD (C°)	TW (C°)	Rh (%)
FK C9	30,7	29,4	93
FK C11	31,6	30,8	95
FK C13	31,9	31,1	98
FK C14	31,3	31,0	96
FK C15	32,0	31,9	99

c. Data Kecepatan Udara

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran kecepatan angin pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Kandungan Kecepatan Angin

Lokasi	Kecepatan Angin (m/s)					Faktor Koreksi	Rata-rata
	1	2	3	4	5		
FK C9	4,9	4,7	5,2	4,8	5,1	0,8	3,952
FK C11	4,8	4,5	4,5	4,7	4,9	0,8	3,744
FK C13	4,3	3,6	4,1	3,8	3,6	0,8	3,104
FK C14	3,9	3,6	3,3	4,0	3,7	0,8	2,960
FK C15	4,1	3,7	3,9	3,4	4,1	0,8	3,072

* 0,8 Nilai Faktor Koreksi/Swell Faktor (Ketetapan)

d. Pengukuran Dimensi Lubang

Berikut merupakan Hasil Pengukuran Dimensi Lubang, dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengukuran Dimensi Lubang

Lokasi	LA (m)	LB (m)	T (m)
FK C9	2,5	3	2,5
FK C11	2,5	3	2,5
FK C13	2,5	3	2,5
FK C14	2,5	3	2,5
FK C15	2,5	3	2,5

Keterangan:

LA : Lebar atas (m)

LB : Lebar bawah (m)

T : Tinggi (m)

b. Data Sekunder**a. Spesifikasi Blower**

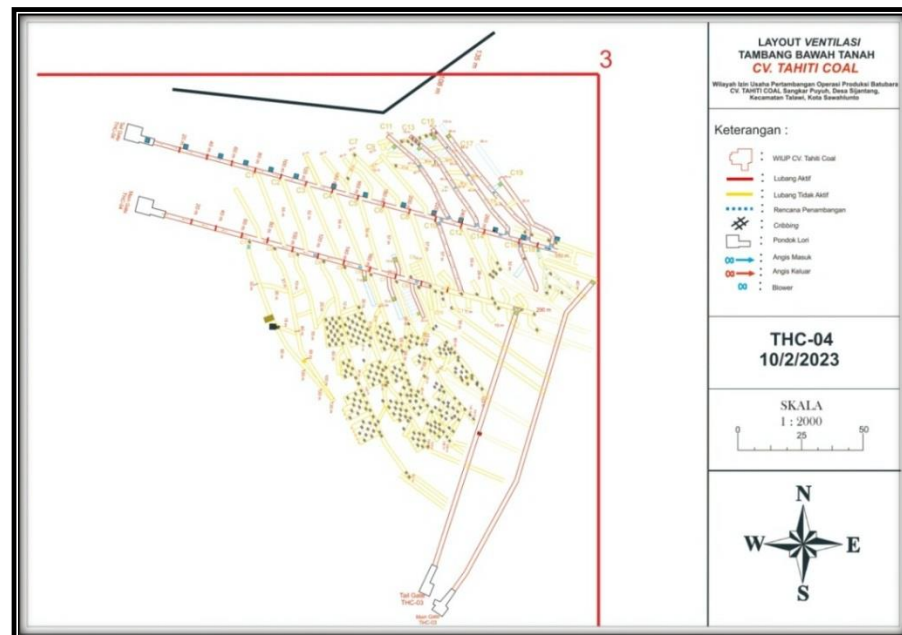
Pada Ventilasi CV. Tahiti Coal Menggunakan 7 Blower bermerek SHT-40, Spesifikasi dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Spesifikasi Blower

Daya Mesin Angin	1,1 KW
Volume Aliran	1,6 m ³ /detik
Kecepatan Aliran	12,69 m/detik
Koefisien Gesek Saluran	0,003
Diameter Saluran	0,40 m
Luas Penampang Saluran	0,126 m ²
Keliling Pipa	1,256 m
Tekanan	700 Pa

**Gambar 18. Blower**

b. Peta Layout Tambang Bawah



(Sumber : CV. Tahiti Coal 2023)

Gambar 19. Peta Layout THC-04 CV. Tahiti Coal

Pada peta *layout* diketahui Jarak lubang bukaan ke cabang 9 = 210 m, cabang 11 = 230 m, cabang 13 = 255 m, cabang 14 = 260 m, cabang 15 = 280 m. Sedangkan Jarak lubang cabang 9 ke front kerja yaitu 58 m, Jarak lubang cabang 11 ke front kerja yaitu 75 m, Jarak lubang cabang 13 ke front kerja yaitu 65 m, Jarak lubang cabang 14 ke front kerja yaitu 28 m, Jarak lubang cabang 15 ke front kerja yaitu 85 m.

c. Jumlah Pekerja 20 orang

Rincian jumlah pekerja pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 dapat dilihat pada tabel 11, sebagai berikut :

Tabel 11. Jumlah Pekerja

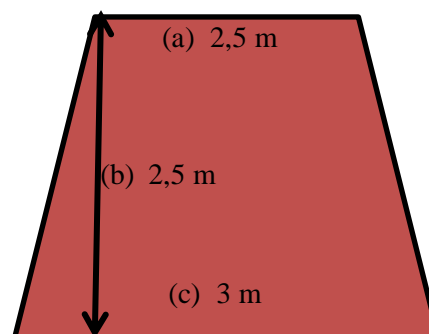
Lokasi	Jumlah Pekerja
FK C9	4
FK C11	4
FK C13	4
FK C14	4
FK C15	4
Total	20

B. Hasil Penelitian**1. Jumlah Pekerja Tambang Lubang Pengiring (Tail Gate) THC-04**

Pekerja tambang pada lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 sebanyak 20 orang pekerja yang terdiri dari 5 kelompok setiap kelompok berjumlah 4 orang.

2. Luas Penampang Front Kerja Lubang Pengiring (Tail Gate) THC-04

Bentuk penampang front kerja pada THC-04 adalah seperti bangun datar trapesium. dengan ukuran rata-rata panjang atap (a) 2,5 m panjang lantai (b) 3 m dan tinggi (c) 2,5 m. Sehingga, luas penampang dapat dihitung :

**Gambar 20. Sketsa Bentuk Dimensi Lubang**



Gambar 21. Bentuk Dimensi Lubang

$$A = \frac{\text{jumlah sisi sejajar}}{2} \times \text{tinggi}$$

$$A = \frac{(a) + (b)}{2} \times (c)$$

$$A = \frac{2,5 \text{ m} + 3 \text{ m}}{2} \times 2,5 \text{ m}$$

$$A = 6,88 \text{ m}^2$$

3. Kualitas Udara Lubang Pengiring (Tail Gate) THC-04

a. Kandungan Gas

Untuk mengukur kandungan gas, penulis menggunakan alat *gas detector*, yang mana alat ini dapat mendeteksi gas O₂, CO, H₂S, dan CH₄. Cara melakukan pengukurannya adalah dengan memposisikan *gas detector* pada atap lubang untuk mendeteksi gas metan dan gas-gas lainnya.

Tabel 12. Hasil Pengukuran Kandungan Gas

Lokasi	O ₂ (%)	CO	H ₂ S	CH ₄ (%)
FK C9	20,9	0	0	0
FK C11	20,9	0	0	0
FK C13	20,9	0	0	0
FK C14	20,6	0	0	0
FK C15	20,2	0	0	0

Keterangan :

NAB CO : < 0.001 %

NAB H₂S : < 0.005 %

NAB O₂ : > 19.5 %

NAB CH₄ : < 0.25%

Setelah dilakukan pengukuran kandungan gas di dalam lubang Pengiring (*tail gate*) THC-04 diketahui bahwa konsentrasi gas Sulfida (H₂S), Karbon Monoksida (CO), Oksigen (O₂), dan Metana (CH₄) dapat dinyatakan aman. Jika dibandingkan dengan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018.

b. Menentukan temperatur efektif

Berdasarkan hasil pengolahan diketahui bahwa temperatur pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 berkisar antara 29°C sampai dengan 32°C disetiap *front* kerja. Berpedoman kepada Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 temperatur pada lubang pengiring (*tail gate*) dinyatakan tidak aman, karena seharusnya temperatur udara dipertahankan antara 18°C sampai dengan 27°C.

c. Menentukan kelembaban relative

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan disetiap lubang pengiring (*tail gate*) THC-04, didapatkan rentang nilai kelembaban berkisar antara 91% sampai dengan 99%. Jika dibandingkan dengan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 keadaan ini dinyatakan tidak aman, karena seharusnya kelembapan udara tidak boleh melebihi 85%.

4. Perhitungan Kebutuhan Kuantitas Udara

a. Kuantitas udara dihitung untuk pernapasan pekerja

Menghitung kuantitas udara dalam satu *front* penambangan, dihitung berdasarkan jumlah total pekerja yaitu sebanyak 4 orang.

$$Q = \text{Jumlah Orang} \times 0.01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = 4 \times 0.1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = 0,4 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Berdasarkan kebutuhan minimum untuk mengencerkan gas

Kedalaman penggalian batubara jika diukur dari permukaan adalah lebih kurang sedalam 67 m. Karena lokasi penambangan CV. Tahiti Coal berada pada kedalaman antara 0 - 100 meter dari permukaan, dan dianggap bahwa emisi gas metan sebesar 1,2 m³/ton batubara.

Jumlah produksi batubara dalam satu hari kerja dihitung dengan mengalikan luas penampang lubang (A) dengan kemajuan rata-rata lubang (S) dan densitas batubara, total produksi dalam satu hari kerja adalah :

$$P = A \times S \times \text{Density} (1,3 \text{ ton}/\text{m}^3)$$

$$P = 6,88 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m} \times 1,3 \text{ ton}/\text{m}^3$$

$$P = 13,416 \text{ ton}$$

Dengan total produksi sebesar 13,416 ton maka diperkirakan debit pancaran gas metan dengan waktu kerja efektif selama 7 jam (25.200 detik) adalah :

$$Qg = \text{Produksi} \times \text{m}^3/\text{ton} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja}}$$

$$Qg = 13,416 \text{ ton} \times 1,2 \text{ m}^3/\text{ton} \times \frac{1}{25200 \text{ detik}}$$

$$Qg = 0,000639 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jumlah udara segar yang diperlukan untuk mengencerkan gas metan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q = \frac{Qg}{NAB-B} - Qg$$

$$Q = \frac{0,000639 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,01-0,005} - 0,000639 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = 0,127 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi total jumlah udara yang dibutuhkan untuk mengencerkan gas metan sampai nilai ambang batas konsentrasi metan sebesar 1% adalah sebanyak 0,127 m³/detik

c. Total Kuantitas udara yang dibutuhkan di lubang Pengiring THC-04

Dari hasil dari perhitungan diatas didapatkan jumlah udara yang dibutuhkan untuk pernapasan pekerja dan mengencerkan gas adalah sebagai berikut :

Tabel 13. Kuantitas Keseluruhan Lubang Pengiring THC-04

Keterangan	Kuantitas Udara
Pekerja	0,4 m ³ /detik
Mendilusi Gas Methan	0,127 m ³ /detik
Jumlah	0,527 m³/detik

5. Kuantitas Udara Yang Dihasilkan Mesin Angin

Untuk menghitung kuantitas udara yang dihasilkan oleh mesin angin, digunakan rumus :

$$Q = V \times A$$

THC-04 menggunakan saluran udara dengan diameter 0,4 m pada mesin Blower. Untuk mengetahui luas penampang saluran udara tersebut dapat menggunakan rumus luas lingkaran sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (0,40 \text{ m})^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 0,16 \text{ m}^2 = 0,126 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil Penyelesaian pengukuran kecepatan dan kuantitas udara dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13 berikut :

a. Lokasi FK C9

$$Q = 0,126 \text{ m}^2 \times 3,952 \text{ m/detik}$$

$$Q = 0,498 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Lokasi FK C11

$$Q = 0,126 \text{ m}^2 \times 3,744 \text{ m/detik}$$

$$Q = 0,472 \text{ m}^3/\text{detik}$$

c. Lokasi FK C13

$$Q = 0,126 \text{ m}^2 \times 3,104 \text{ m/detik}$$

$$Q = 0,391 \text{ m}^3/\text{detik}$$

d. Lokasi FK C14

$$Q = 0,126 \text{ m}^2 \times 2,960 \text{ m/detik}$$

$$Q = 0,373 \text{ m}^3/\text{detik}$$

e. Lokasi FK C15

$$Q = 0,126 \text{ m}^2 \times 3,072 \text{ m/detik}$$

$$Q = 0,387 \text{ m}^3/\text{detik}$$

**Tabel 14. Kecepatan Dan Kuantitas Udara Mesin Angin/Blower
Di Setiap *Front* Kerja**

Lokasi	Rata-rata Kecepatan angin m/s (V)	Luas Penampang (m ²)	Kuantitas Q (m ³ /detik)
FK C9	3,952	0,126	0,498
FK C11	3,744	0,126	0,472
FK C13	3,104	0,126	0,391
FK C14	2,960	0,126	0,373
FK C15	3,072	0,126	0,387

Jadi didapatkan perbandingan antara kuantitas udara yang dihasilkan oleh mesin angin dengan kebutuhan udara tiap – tiap *front* kerja di lubang Pengering THC-04.

**Tabel 15. Perbandingan Kuantitas Udara Dengan Kebutuhan Udara
Tiap-Tiap *Front Kerja***

NO	Lokasi	Kuantitas Udara (m ³ /detik)	Udara yang Dibutuhkan (m ³ /detik)	Keterangan
1	FK C9	0,498	0,527	Tidak Tercukupi
2	FK C11	0,472	0,527	Tidak Tercukupi
3	FK C13	0,391	0,527	Tidak Tercukupi
4	FK C14	0,373	0,527	Tidak Tercukupi
5	FK C15	0,387	0,527	Tidak Tercukupi

6. Perbedaan Tekanan Udara

Pada lubang Pengiring THC-04 terdapat satu tipe mesin angin, yaitu mesin angin/Blower SHT-40, untuk mengukur tekan udaranya sebagai berikut.

Tekanan udara pada mesin angin menggunakan persamaan

$$P_2 = P_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^2$$

a. Lokasi FK C9

$$P_2 = 700 \text{ Pa} \left(\frac{0,498}{1,6} \right)^2$$

$$P_2 = 67,813 \text{ Pa}$$

b. Lokasi FK C11

$$P_2 = 700 \text{ Pa} \left(\frac{0,472}{1,6} \right)^2$$

$$P_2 = 61,124 \text{ Pa}$$

c. Lokasi FK C13

$$P_2 = 700 \text{ Pa} \left(\frac{0,391}{1,6} \right)^2$$

$$P_2 = 41,803 \text{ Pa}$$

d. Lokasi FK C14

$$P_2 = 700 \text{ Pa} \left(\frac{0,373}{1,6} \right)^2$$

$$P_2 = 38,043 \text{ Pa}$$

e. Lokasi FK C15

$$P_2 = 700 \text{ Pa} \left(\frac{0,387}{1,6} \right)^2$$

$$P_2 = 40,952 \text{ Pa}$$

Sehingga diketahui perbedaan tekanan udara yang dihasilkan oleh mesin angin dengan tekanan udara pada ujung pipa saluran udara yaitu sebagai berikut :

a. Lokasi FK C9

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$= 700 \text{ Pa} - 67,813 \text{ Pa}$$

$$= 632,187 \text{ Pa}$$

b. Lokasi FK C11

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$= 700 \text{ Pa} - 61,124 \text{ Pa}$$

$$= 638,876 \text{ Pa}$$

c. Lokasi FK C13

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$= 700 \text{ Pa} - 41,803 \text{ Pa}$$

$$= 658,197 \text{ Pa}$$

d. Lokasi FK C14

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_1 - P_2 \\ &= 700 \text{ Pa} - 38,043 \text{ Pa} \\ &= 661,957 \text{ Pa}\end{aligned}$$

e. Lokasi FK C15

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_1 - P_2 \\ &= 700 \text{ Pa} - 40,952 \text{ Pa} \\ &= 659,048 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Tabel 16. Tekanan Udara Pada Blower

Lokasi	P ₁ (Pa)	Q ₁ (m ³ /detik)	Q ₂ (m ³ /detik)	P ₂ (Pa)
FK C9	700	1,6	0,498	67,813
FK C11	700	1,6	0,472	61,124
FK C13	700	1,6	0,391	41,803
FK C14	700	1,6	0,373	38,043
FK C15	700	1,6	0,387	40,952

Jadi didapatkan perbandingan antara tekanan udara yang dihasilkan oleh mesin angin/blower dengan kebutuhan udara tiap – tiap *front* kerja di lubang Pengirang THC-04 dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 17. Perbedaan Tekanan Udara Pada Blower

Lokasi	P ₁ (Pa)	P ₂ (Pa)	Δp (P ₁ – P ₂) (Pa)
FK C9	700	67,813	632,187
FK C11	700	61,124	638,876
FK C13	700	41,803	658,197
FK C14	700	38,043	661,957
FK C15	700	40,952	659,048

7. Kemampuan Mesin Angin Dalam Memenuhi Kebutuhan Udara

Untuk menentukan jarak yang dapat dijangkau oleh mesin angin dapat dicari dengan persamaan, Data pengukuran kemampuan mesin angin adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{K C L Q^2}{A^3} \times \frac{w}{1,2}$$

$$700 Pa = \frac{0,003 \times 1,256 \times L \times (1,6)^2}{(0,126)^3} \times \frac{1,2}{1,2}$$

$$700 Pa = \frac{0,003 \times 1,256 \times L \times 2,56}{0,002000376} \times \frac{1,2}{1,2}$$

$$L = 145,164 m$$

8. Analisis Perkiraan Biaya Listrik Ventilasi

Jumlah blower pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 yaitu 7 blower, Untuk menentukan perkiraan biaya listrik ventilasinya dapat dicari dengan persamaan 15, Data Perkiraan Biaya Listrik Ventilasi adalah sebagai berikut :

$$Wa = \frac{P \cdot Q}{1000} = kW$$

$$Wa = \frac{700 \cdot 1,6}{1000} = kW$$

$$= 1,12 kW$$

$$= 1,12 kW \times 7 \times 720 \text{ hours}$$

$$= 5.644,8 kWh$$

Harga listrik golongan B-1/TR = Rp. 966/kWh

Perkiraan biaya listrik ventilasi lubang pengiring THC-04 yaitu $5.644,8 \text{ kWh} \times 966,00 = \text{Rp. } 5.452.876,00$. Jadi biaya listrik untuk ventilasi lubang pengiring TH-04 CV.Tahiti Coal yaitu $\text{Rp}5.452.876,00/\text{Bulan}$

C. Analisis Data

Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan, didapatkan beberapa parameter sebagai acuan kuantitas dan kualitas udara pada ventilasi tambang bawah tanah lubang pengiring (*tail gate*) THC-04,yaitu :

1. Kualitas Udara

a. Kandungan gas

Setelah dilakukan pengukuran kandungan gas di dalam lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 berdasarkan dengan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 diketahui bahwa konsentrasi gas Sulfida (H_2S), Karbon Monoksida (CO), Oksigen (O_2), dan Metana (CH_4) dapat dinyatakan aman.

b. Temperatur Udara

Berdasarkan hasil pengolahan diketahui bahwa temperatur pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 berkisar antara 29°C sampai dengan 32°C disetiap percabangan. Berpedoman kepada Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 temperatur pada lubang pengiring (*tail gate*) tidak aman karena seharusnya temperatur udara dipertahankan antara 18°C sampai dengan 27°C .

c. Kelembapan Udara

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan disetiap *front* kerja lubang pengiring (*tail gate*) THC-04, didapatkan rentang nilai kelembapan relatif berkisar antara 91% sampai dengan 99%. Jika dibandingkan dengan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 keadaan ini aman, karena seharusnya kelembapan udara tidak boleh melebihi 85%.

2. Kuantitas Udara

Melihat hasil pengukuran kuantitas udara yang dihasilkan oleh mesin angin pada tiap-tiap *front* kerja penambangan untuk memenuhi kebutuhan udara sebesar 0,527 m³/detik, maka keseluruhan *front* kerja belum tercukupi kebutuhan kuantitas udaranya.

Perbedaan tekanan udara yang dihasilkan oleh mesin angin dengan tekanan udara di *front* kerja penambangan menggambarkan jumlah tekanan udara yang hilang pada pipa saluran udara. Hal demikian dapat disebabkan oleh banyaknya kebocoran pada pipa saluran udara, adanya pengecilan pipa saluran udara dan hal-hal lain yang dapat menyebabkan kehilangan tekanan udara.

Adapun untuk mengatasi kekurangan kuantitas udara dalam memenuhi kebutuhan udara pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04, penulis menyarankan untuk penambahan 1 mesin angin utama, 1 mesin angin di cabang 9, 1 mesin angin di cabang 11, 1 mesin angin di cabang 13, 1 mesin angin di cabang 14, 1 mesin angin di cabang 15, bermerek

SHT-40 dengan spesifikasi seperti tabel 10.

Maka, jumlah kuantitas udara untuk memenuhi kebutuhan pada masing – masing *front* kerja dapat dilihat pada Tabel 18 berikut :

Tabel 18. Kuantitas Udara Setelah Penambahan *Blower*

No	Lokasi	Kuantitas Udara (m ³ /detik)	Udara yang Dibutuhkan (m ³ /detik)	Keterangan
1	FK C9	0,996	0,527	Tercukupi
2	FK C11	0,944	0,527	Tercukupi
3	FK C13	0,782	0,527	Tercukupi
4	FK C14	0,746	0,527	Tercukupi
5	FK C15	0,774	0,527	Tercukupi

Jadi, setelah menambahkan satu unit mesin angin */blower* utama dan satu unit mesin angin dicabang 9,11,13,14,15 otomatis pada setiap *front* kerja mendapat penambahan dua kali lipat kuantitas udara, Maka berdasarkan dengan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 dapat dinyatakan aman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari kegiatan Penelitian yang telah dilakukan penulis mengenai topik bahasan yang diambil di tambang bawah tanah batubara pada lokasi lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 CV. Tahiti Coal dapat disimpulkan:

1. Adapun keadaan aktual kuantitas udara pada setiap *front* kerja lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 berdasarkan hasil pengukuran adalah sebagai berikut:
 - a. *Front* kerja cabang 9 kuantitas udara 0,498 m³/detik.
 - b. *Front* kerja cabang 11 kuantitas udara 0,472 m³/detik.
 - c. *Front* kerja cabang 13 kuantitas udara 0,391 m³/detik.
 - d. *Front* kerja cabang 14 kuantitas udara 0,373 m³/detik.
 - e. *Front* kerja cabang 15 kuantitas udara 0,387 m³/detik.
2. Adapun keadaan aktual kualitas udara pada lubang pengiring (*tail gate*) THC-04 berdasarkan hasil pengukuran adalah sebagai berikut:
 - a. Konsentrasi kandungan gas udara sebagai berikut:
 - 1) O₂ : 20,2% sampai dengan 20,9%
 - 2) CO : 0%
 - 3) H₂S : 0%
 - 4) CH₄ : 0%
 - b. Temperatur udara antara 29°C sampai dengan 32°C (standar KepMen 18-27°C).

- c. Kelembapan udara antara 93% sampai dengan 99%. (Standar KepMen 85%).
3. Terdapat perbedaan tekanan udara yang dihasilkan mesin angin dengan tekanan udara di ujung pipa saluran (*duct*) sebagai berikut:
 - a. Untuk di cabang 9 kehilangan 67,813 Pa tekanan udara.
 - b. Untuk di cabang 11 kehilangan 61,124 Pa tekanan udara.
 - c. Untuk di cabang 13 kehilangan 41,803 Pa tekanan udara.
 - d. Untuk di cabang 14 kehilangan 38,043 Pa tekanan udara.
 - e. Untuk di cabang 15 kehilangan 40,952 Pa tekanan udara.
4. Kemampuan *blower* untuk menyuplai udara kedalam lubang tambang dengan jarak maksimal yang dapat dicapai mesin angin sepanjang 145,164 m.
5. Perkiraan biaya listrik ventilasi lubang pengiring THC-04 yaitu 5.644,8 kWh x 966,00 = Rp. 5.452.876,00. Jadi biaya listrik untuk ventilasi lubang pengiring TH-04 CV.Tahiti Coal yaitu Rp5.452.876,00/Bulan.

B. Saran

Dari hasil pengamatan dilapangan dan analisis topik bahasan, penulis memberikan saran yaitu :

1. Perlu dilakukan penambahan *blower* utama dengan spesifikasi yang sama dengan mesin angin bantu sebanyak 1 unit pada pintu masuk lubang bukaan.

2. Sebaiknya menggunakan kualitas saluran udara/*duct* yang lebih bagus sehingga tidak rentan terhadap kebocoran, Misalnya duct dengan bahan plastic yang lebih tebal atau terpal agar tidak bocor.
3. Sebaiknya perlu dilakukannya pengecekan rutin terhadap kebutuhan udara dan kualitas udara pada lubang tambang bawah tanah, sehingga terciptanya lingkungan kerja aman.

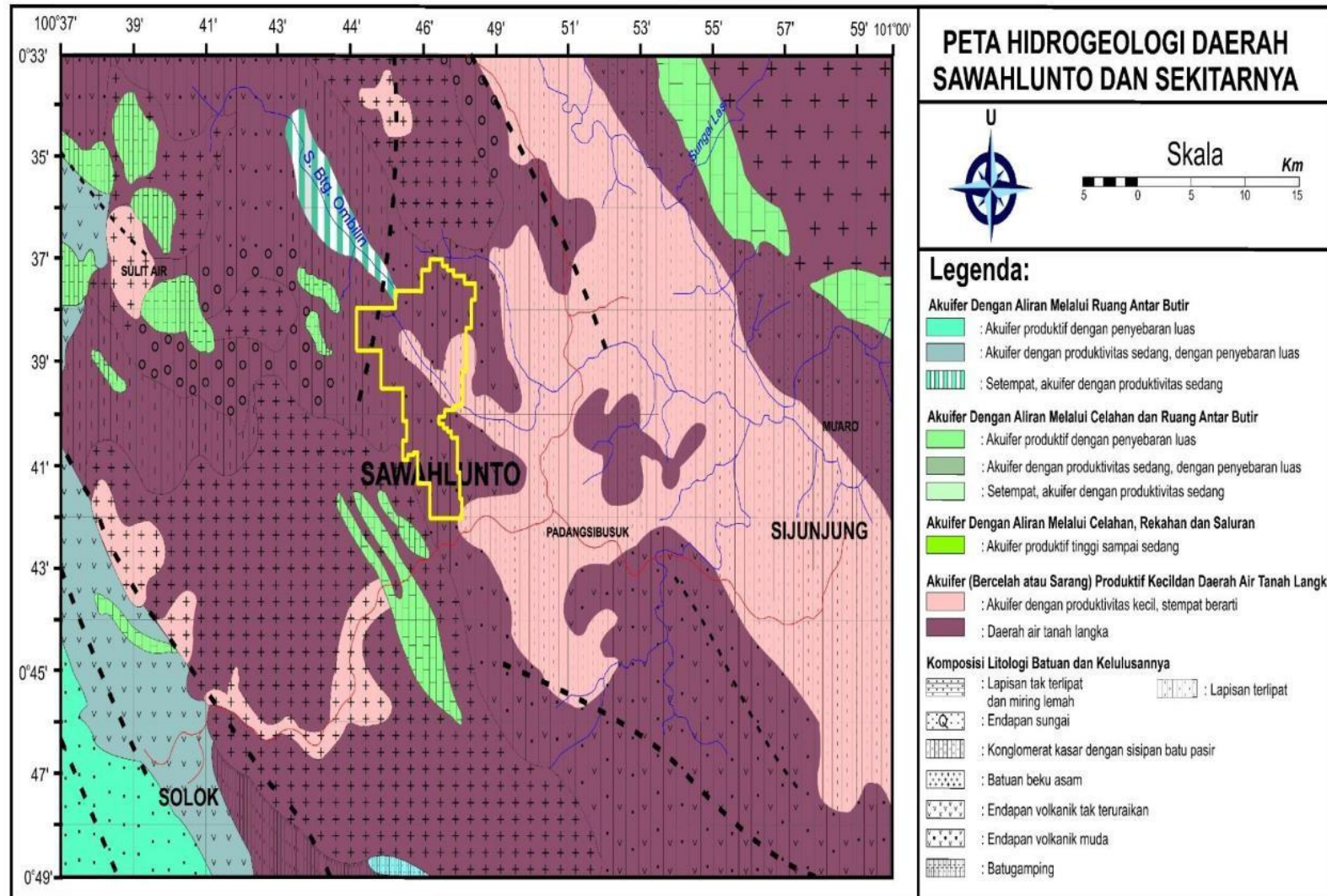
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2023. *Data-data Laporan dan Arsip CV. TAHITI COAL*. Sawahlunto Sumatera Barat.
- Anonim. *Diktat Ventilasi Tambang UNP*.
- Duta Hafsari, M Ricky Ramadhian, Fitria Saftarina. 2015. *Debu Batu Bara dan Kejadian Infeksi Saluran Pernafasan Akut pada Pekerja Pertambangan Batu Bara*. Vol. 4. No. 9. Halaman. 35-41.
- Fedi. 2015. *Analisis Penurunan Suhu Udara di Area Produksi Tambang Batubara Bawah Tanah PT. Bukit Asam (persero) tbk, Unit Penambangan Ombilin, Sawahlunto, Sumatera Barat*.
- Haward L. Hartman. 1997. *Mine Ventilation and Air Conditioning, Third Edition*.
- Heriyadi, Bambang, Drs, MT. 2002. *Peranginan (Ventilasi) Tambang*. Sawahlunto: OMTC (Ombilin Mines Training Centre).
- Kurniawan, M. (2019). *Evaluasi Kuantitas dan Kualitas Ventilasi Untuk Memenuhi Kebutuhan Udara Pada Lubang 02 Tambang Bawah Tanah CV. Tahiti Coal* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Le Roux, W. L. (1979). *Mine ventilation notes for beginners*. Mine Ventilation Society of South Africa.
- Nurul Jannah, Stevano Munir, Srianti. 2014. *Kajian Sistem Jaringan Ventilasi Tambang Emas Block Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Padeklang, Provinsi Banten*. Gelombang 2.
- Triandana, T., & Heriyadi, B. (2018). Evaluasi dan Analisis Kualitas dan Kualitas Udara pada Terowongan Lubang Jepang di Kota Bukittinggi. *Bina Tambang*, 3(4), 1740-1750

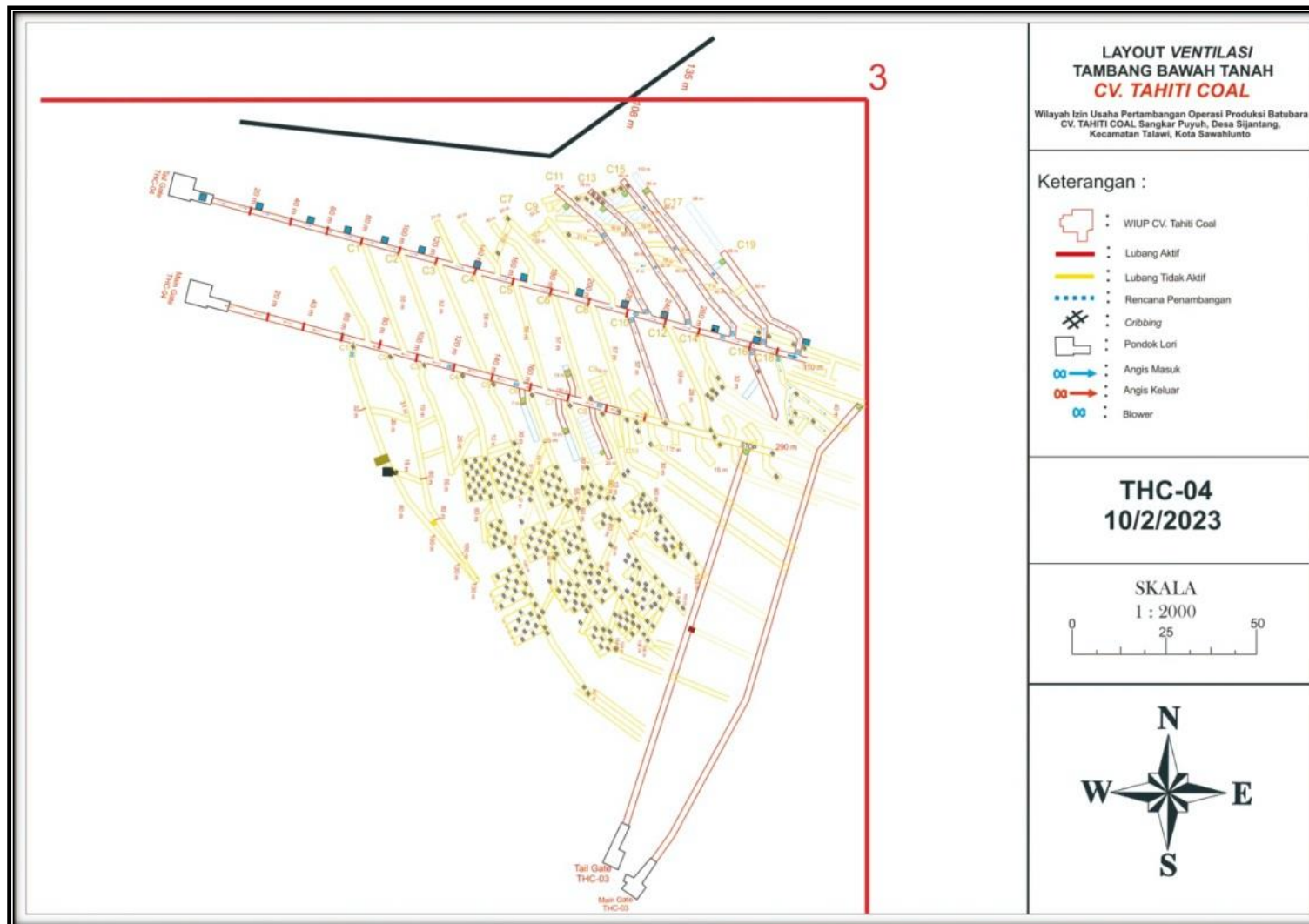
LAMPIRAN I
PETA WILAYAH IZIN USAHA PERTAMBANGAN (WIUP) CV. TAHITI COAL



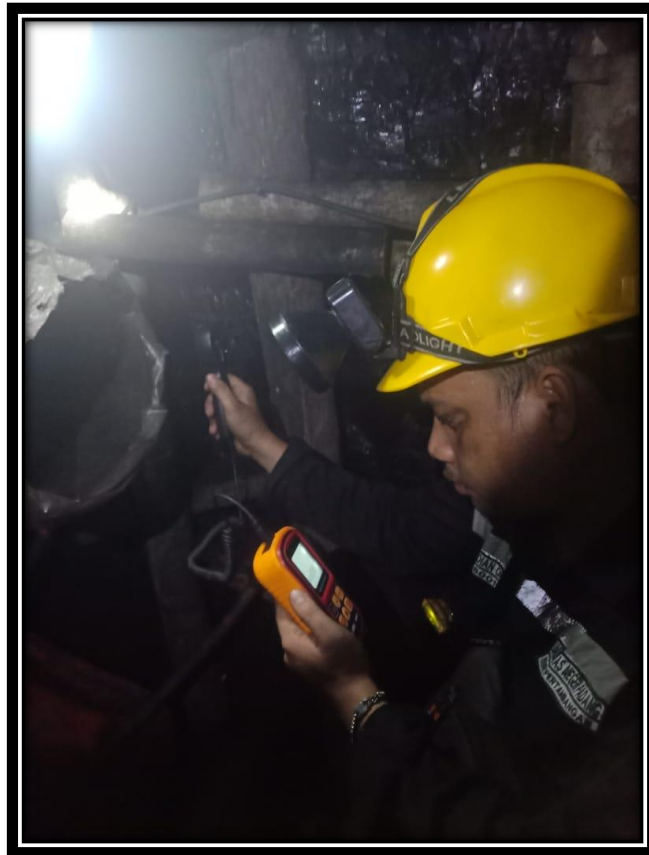
LAMPIRAN II
PETA HIDROGEOLOGI REGIONAL CV. TAHITI COAL



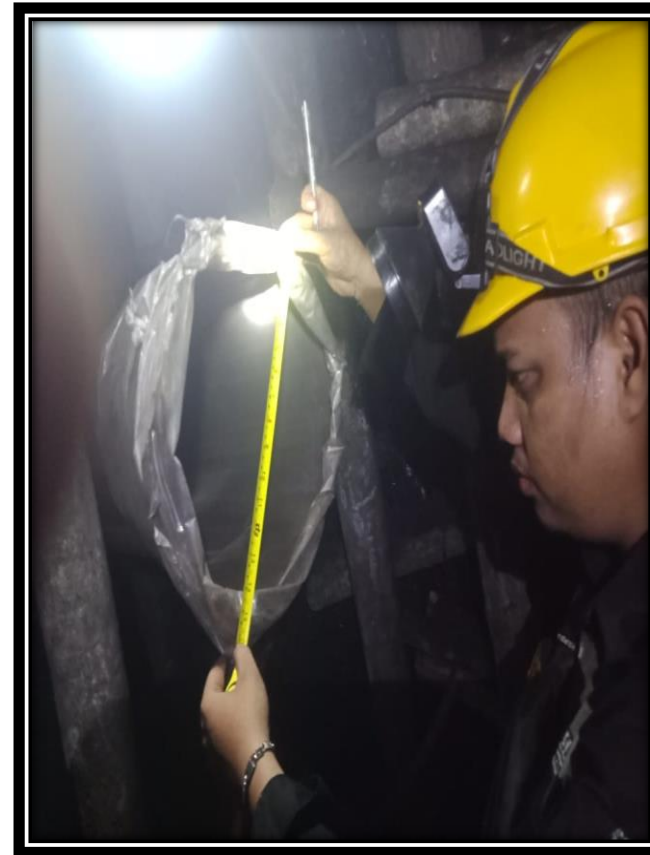
LAMPIRAN III
PETA LAYOUT LUBANG PENGIRING (TAIL GATE) THC-04



LAMPIRAN IV
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA AKTUAL DI LAPANGAN



Gambar 1. Pengukuran Kecepatan Angin



Gambar 2. Pengukuran Diameter Duct



Gambar 3. Pengukuran Temperatur dan Kelembapan Udara



Gambar 4. Pengukuran Kandungan Gas



Gambar 5. Data Pengukuran Kelembapan Udara



Gambar 6. Data Pengukuran Temperatur

LAMPIRAN V
DATA HASIL PENGUKURAN

A. Kandungan Gas

Lokasi	O ₂ (%)	CO	H ₂ S	CH ₄ (%)
05 September 2023				
FK C9	20,9	0	0	0
FK C11	20,9	0	0	0
FK C13	20,9	0	0	0
FK C14	20,6	0	0	0
FK C15	20,1	0	0	0
06 September 2023				
FK C9	20,9	0	0	0
FK C11	20,9	0	0	0
FK C13	20,9	0	0	0
FK C14	20,5	0	0	0
FK C15	20,0	0	0	0
07 September 2023				
FK C9	20,9	0	0	0
FK C11	20,9	0	0	0
FK C13	20,9	0	0	0
FK C14	20,7	0	0	0
FK C15	20,5	0	0	0

B. Temperatur dan Kelembapan Udara

Lokasi	TD (°C)	TW (°C)	Rh (%)
05 September 2023			
FK C9	30.7	28.9	91%
FK C11	31.8	31.3	96%
FK C13	30.9	30.1	97%
FK C14	31.5	29.8	94%
FK C15	32.0	31.9	99%
06 September 2023			
FK C9	31.2	29.7	96%
FK C11	30.9	29.4	92%
FK C13	32.1	31.3	99%
FK C14	30.4	29.2	97%
FK C15	31.6	31.4	99%
07 September 2023			
FK C9	30.3	29.6	92%
FK C11	32.2	31.7	98%
FK C13	32.6	31.9	98%
FK C14	32.1	31.1	97%
FK C15	32.5	32.3	100%

C. Kecepatan Angin

1. Pengukuran Pagi (05 September Sampai dengan 7 September 2023)

Lokasi	Kecepatan Angin (m/s)			Rata-rata
	Tanggal 5	Tanggal 6	Tanggal 7	
FK C9	4,9	4,7	5,2	3,947
FK C11	4,8	4,5	4,5	3,68
FK C13	4,3	3,6	4,1	3,2
FK C14	3,9	3,6	3,3	2,88
FK C15	4,1	3,7	3,9	3,12

2. Pengukuran Siang (05 September Sampai dengan 7 September 2023)

Lokasi	Kecepatan Angin (m/s)			Rata-rata
	Tanggal 5	Tanggal 6	Tanggal 7	
FK C9	4,8	5,1	-	3,96
FK C11	4,7	4,9	-	3,84
FK C13	3,8	3,6	-	2,96
FK C14	4,0	3,7	-	3,08
FK C15	3,4	4,1	-	3